



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Tesina

**“DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO EN EL TRAMO DE CARRETERA DE
4.4 KM DE LONGITUD ARRAYAN-CIUDAD ANTIGUA, MUNICIPIO DE CIUDAD
ANTIGUA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA”.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Jorge Ulises Aguirre Herrera

Br. Carlos Antonio García Díaz

Br. Cristian Amed Berrios Castro

Tutor

MSC. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, Octubre 2017

DEDICATORIA

Dios nos ha regalado la maravilla de vivir y crecer entre tantas oportunidades mediante el don de Sabiduría y entendimiento, debido a ello queremos dedicarle nuestro arduo trabajo que nos lleva a la coronación de nuestra carrera como ingenieros civiles formados para el aporte que la sociedad demanda.

A nuestros padres dedicamos de todo corazón este logro que hoy en día los hará sentir orgullosos y les llenará de satisfacción ver el fruto de su esfuerzo y sacrificio durante años.

A nuestro preciado tutor MSC. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga, por haberse comprometido con nosotros y darle seguimiento a nuestra tesina.

Dedicamos de manera especial a todas las personas que ocupan un lugar significativo en cada uno de nosotros y que han sido motivos de inspiración y motivación tanto en nuestra tesina así como en todo momento durante la formación como profesionales.

Atentamente,

 Jorge Ulises Aguirre Herrera.

 Carlos Antonio García Díaz.

 Cristian Amed Berrios Castro.

AGRADECIMIENTO

Todos los escalones en la vida son guiados por Dios y este es uno de ellos, estamos inmensamente agradecidos con nuestro creador por habernos permitido alcanzar uno más, y que nos coronará con el grado de INGENIERO CIVIL, habernos regalado sabiduría, inteligencia y fortaleza constante para este logro.

Con la ayuda de Dios haciendo cumplir nuestra meta, definitivamente nuestros padres han hecho un gran esfuerzo, y por tal razón tienen parte en nuestro logro, de igual manera agradecemos su sacrificio brindado en nuestros cinco años de preparatoria profesional.

A nuestro Tutor MSC. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga, por ser paciente para las revisiones previas, precisas e inmediatas cuando se le solicitó de su aporte para la entrega del documento final a defender.

De manera general agradecemos a todos los docentes que transmitieron sus conocimientos mientras permanecemos en un salón de clases y que ahora son aplicados tanto en esta tesina como en nuestro campo laboral para adquirir la experiencia que nos caracterizará como lo que hoy en día somos.

Cabe agradecer a los compañeros que de manera incondicional brindaron su apoyo con tantos momentos en donde se necesitaban palabras de ánimo para no echar pie atrás y seguir siempre adelante hasta llegar a la meta propuesta.

Atentamente,

 Jorge Ulises Aguirre Herrera.

 Carlos Antonio García Díaz.

 Cristian Amed Berrios Castro.

RESUMEN EJECUTIVO

Con el acelerado crecimiento de la población, surgen exigencias de movilización de los habitantes, de querer transportarse de un lugar a otro, para cumplir con esa satisfacción y demanda de dicha población, se debe contar principalmente con medios de transporte y vías de acceso en buen estado, para evitar fatiga y demora al emprender un viaje. Es por ello que el ente encargado en las reparaciones y construcciones de caminos y carreteras debe procurar realizar la expansión de la red vial en el país, para suplir con las necesidades que demandan los habitantes.

El presente escrito tiene como objetivo: el análisis geotécnico, estudio de tránsito y estudio ambiental terminando con el diseño de la estructura de rodamiento con pavimento articulado (adoquín) del tramo de 4.4 km de longitud Arrayan-Ciudad antigua por medio del método AASHTO 93.

Los aspectos a tratar son los siguientes:

1. Análisis del estudio de suelo: Este análisis se determina para conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos existente en la vía y de los suelos de reemplazo en los bancos de materiales, así como su comportamiento durante su utilización en los diferentes espesores de capas en el tramo del proyecto.

Empleando: sondeos de línea, análisis de la granulometría, relaciones volumétricas y gravimétricas, plasticidad de los suelos y ensayo CBR, siguiendo las especificaciones técnicas de la AASHTO 93.

2. Análisis del estudio de tránsito: Necesario para determinar el volumen, clasificación, distribución de vehículos que pasa por el tramo en estudio, en un periodo de 12 horas, durante 5 días. Donde se realizara procesamiento de datos, factores de ajuste para el TPDA de diseño brindada por el MTI, tasas de crecimiento poblacional y de vehículos en la zona para proyecciones de tránsito, periodo de diseño. Con los datos ya obtenidos se procede al cálculo de los ejes equivalentes o ESAL's, lo cual son de gran utilidad para el diseño de la estructura.

3. Diseño de la estructura de pavimento: en esta etapa se originan los espesores de las capas que conforman el pavimento, los cuales vienen siendo originados de estudios realizados como: ESAL's total del tránsito, Confiabilidad, Serviciabilidad, Desviación Estándar y el CBR de diseño, determinando con este último, el módulo de resiliencia de los suelos.

Usaremos el software Pavement analysis versión 3.3 para la comparación de cálculos y la metodología de diseño realizado.

4. Estudio de impacto ambiental: Determinante para delimitar las áreas de influencia directa e indirecta afectadas en el tramo, siendo estas de manera positivas o negativas, las cuales serán definidas por medio de la matriz de ponderación de impacto, en donde se detallan según las actividades que se harán para ejecutar el proyecto.

El área de influencia está definida por el área donde las acciones de construcción impactan de una manera directa, así como aquellas áreas que por su cercanía se ven afectadas o beneficiadas.

INDICE DEL CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
CAPÍTULO I.....	5
Situación Actual del Camino	7
I – 1.Consideraciones del Estudio Geotécnico	7
I – 1.1. Sub – rasante.....	7
I – 1.2. Sub-base	8
I – 1.3. Base.	8
I – 2. Sondeos de Línea.	8
I – 2.1. Trabajos de Campo.	9
I – 2.2. Trabajos de Laboratorio.	9
I – 2.3. Tipo de Análisis de Laboratorio.....	10
I – 2.3.1. Análisis granulométrico (ASTM D-422)	10
I – 2.3.2. Ensayo de los Límites de Atterberg	11
I – 2.3.3. Limite Líquido (ASTM D-4318)	11
I – 2.3.4. Limite Plástico e índice de Plasticidad (ASTM D-4318)	12
I – 2.3.5. Ensayo de C.B.R (ASTM D-1883).....	13
I – 2.3.6. Análisis de los Resultados del Estudio de Suelo	13
I – 3. Análisis del Estudio de los Bancos de Materiales	16
I – 3.1. Resultado de los Bancos de Materiales.	16
I – 3.2. Materiales estabilizados con cemento hidráulico.....	18
CAPÍTULO II	19
II. ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	20
II – 1. Volúmenes de Tránsito:.....	20
II – 1.1. Composición del Tránsito	20
II – 1.1.1. Vehículos Livianos.....	21
II – 1.1.2. Vehículos pesados de Pasajeros	21
II – 1.1.3. Vehículos pesados de Carga	22
II – 1.1.4. Equipos pesados	22
II – 1.1.5. Otros	23

II – 2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), Vehículos por Día.....	23
II – 2.1. Factores de Ajustes	25
II – 2.2. Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual TPDA	26
II – 3. Tasas de Crecimientos.....	27
II – 3.1. Producto Interno Bruto (PIB)	27
II – 3.2. Crecimiento Poblacional.	29
II – 3.3. Tasa de crecimiento de Tránsito.	30
II – 3.4. Selección de la tasa de crecimiento vehicular para el diseño	30
II – 4. Periodo de Diseño.....	31
II -5. Proyecciones del Tránsito.....	31
II – 5.1. Tránsito Normal	32
II – 5.2. Tránsito Generado	33
II – 5.3. Tránsito Atraído	34
II – 5.4. Tránsito Inicial del Proyecto	35
II – 5.5. Proyección del Tránsito de Diseño.....	36
II – 5.6. Tránsito de Diseño (Td)	38
II – 6. Cálculo de Ejes Equivalentes de Diseño	38
CAPÍTULO III	40
DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO 93.	41
III – 1. Variables de diseño.....	41
III – 1.1. Variable en función del tránsito.	41
III – 1.2. Confiabilidad (R).....	42
III – 1.3 Desviación Estándar (S_0)	43
III – 1.4 Serviciabilidad (PSI).....	44
III - 2. Propiedades de los Materiales.....	45
III – 2.1. CBR de Diseño.....	45
III – 2.2. Módulo Resiliente o Elástico	46
III – 2.3. Módulo Resiliente o Elástico de la Subrasante	47
III – 2.4. Módulo Resiliente o Elástico de la Base.	47
III – 2.5. Coeficientes de Capas	47
III – 2.6. Coeficiente Estructural de la Capa de Rodamiento a_1 (Adoquín de concreto)	48
III – 2.7. Coeficiente estructural para la base tratada con cemento a_2	48
III –3. Drenaje (m_i)	48

III – 4. Determinación del Espesor de las Capas del Pavimento Flexible.	49
III – 4.1. Método de la AASHTO – 93.....	49
III – 5.Introducción de los datos al Software.	52
III – 5.1. Selección del análisis a realizar.....	52
III – 5.2. Selección de la variable a encontrar.....	53
III – 5.3. Insertar datos para el SN requerido.....	53
III – 5.4. Insertar datos para el SN propuesto.....	54
CAPÍTULO IV.....	55
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	56
IV – 1. Límites del Área de Influencia.....	57
IV – 1.1. - Área de influencia Directa.(Ver mapa 3 en anexospág. XXIII).	57
IV – 1.2. Área de Influencia Indirecta.	58
IV – 2. Descripción del Área de Influencia.	59
IV – 2.1. Geomorfología.....	60
IV – 2.3. Suelos.....	60
IV – 2.4. Clima.....	60
IV – 2.5. Vegetación.....	61
IV – 2.6. Biodiversidad.....	61
IV – 2.6.1 Flora.....	61
IV – 2.6.2. Fauna.....	61
IV – 2.8. Áreas Protegidas.....	61
IV – 2.9. Aspectos Socio-económicos.....	62
IV - 2.9.1. Población.....	62
IV - 2.9.2. Educación.....	62
IV - 2.9.3. Salud.....	63
IV – 2.9.4.-Servicios Básicos.....	63
IV – 2.9.5. Tenencia de la Tierra.....	65
IV – 2.9.6 Actividad productiva de la zona.....	65
IV – 3. Actividades de la Obra que Producen un Impacto Ambiental.....	66
IV – 3.1 Movilización y desmovilización.....	66
IV – 3.2. Campamentos.....	66
IV – 3.3. - Estabilización de la calzada.....	66
IV – 3.4. Pavimento de adoquines.....	67
IV – 3.5. Obras de drenaje menor.....	67

IV – 3.6. Corte en el banco	67
IV – 3.7. Señalización horizontal y vertical	67
IV – 3.8. Excavación en la vía	67
IV – 4. Metodología para la determinación del tipo de impacto.	68
IV – 4.1. Instrumento utilizado	68
IV – 4.1.1. Matriz causa – efecto	69
IV – 4.1.2. Matriz de Importancia	70
IV – 5. IMPACTOS Y MEDIDAS AMBIENTALES	73
IV – 5.1. Movilización y Desmovilización	73
IV – 5.2. Campamentos	73
IV – 5.3. Movimiento de Tierra.	74
IV – 5.4. Obras de Drenaje Menor	75
IV – 5.5. Estabilización de la calzada	76
IV – 5.6. Pavimento de adoquines	76
IV – 5.7. Corte en el banco	77
IV – 5.8. Señalización Horizontal y Vertical de Tránsito.....	77
IV – 5.9. Tramo en Operaciones	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	
ANEXOS DEL CAPÍTULO I	
ANEXOS DEL CAPÍTULO II	
ANEXOS DEL CAPÍTULO III	
ANEXOS DEL CAPÍTULO IV	

INTRODUCCIÓN

La localización del tramo inicia en el empalme El Arrayán (0+000) y finaliza en Ciudad Antigua (4+400) para una longitud total de 4.4 km.

Ciudad Antigua es municipio del Departamento de Nueva Segovia, ubicado en la zona norte de Nicaragua. Se encuentra localizado entre las coordenadas 13° 38' de latitud norte y 86° 18' longitud oeste, teniendo una distancia de 25 km de la cabecera departamental, Ocotal y a 250 Km de Managua capital de Nicaragua.

Cuenta con una extensión territorial de 154 kms², y una población de 4, 868 habitantes, ocupa el séptimo lugar entre los municipios de Nueva Segovia, con sus límites siguientes: Al norte con el municipio de San Fernando, Al sur con el municipio de Telpaneca, Al este con el municipio del Jícaro y Al oeste con el municipio de Mozonte.

La vía de acceso principal es una carpeta de rodamiento de macadán en regulares condiciones, siendo una vía de comunicación de varias comunidades, y es una carretera de todo tiempo con ancho de vía que varía en un rango de 4.77 m – 5.75 m, la topografía del terreno es plana y en algunos tramos sobresalen ondulaciones con porcentajes de pendientes mínimas positivas y negativas.

La presente trabajo consiste en el Diseño de pavimento articulado (Adoquín) por el método de la AASHTO 93, en donde se realizará: Un estudio de geotecnia vial, tránsito e impacto ambiental.

El camino que será mejorado beneficiará la producción agrícola y ganadera proveniente del municipio de San Fernando y de otros municipios del departamento de Nueva Segovia, como lo son: Jalapa, Jícaro, Murra, Quilalí, Susucayán, San Juan y la misma Ciudad Antigua.

En el casco urbano se da el Turismo Sacro, el cual radica principalmente en la Iglesia estilo colonial, las ruinas de cementerio colonial San Francisco, museo parroquial; todos ubicados en el casco urbano, entre otros.

ANTECEDENTES

La vía de comunicación en este tramo de rehabilitación Arrayan-Ciudad Antigua fue creado en el año 1611, año de fundación para el municipio de Ciudad Antigua cuando apenas existía un camino para transportarse en vehículos de tracción animal (carretas), lo que en ese entonces les facilitaba la exportación de sus granos básicos, principalmente el cultivo de arroz en esa época.

Hace 403 años atrás fue cuando se generó el mayor impacto ambiental en la zona, ya que los factores del medio fueron alterados en su totalidad por tratarse de una zona virgen.

En el año 1,950 teniendo el trazado histórico del camino se hizo ampliación con maquinaria por primera vez, ofreciendo un mejor acceso a la municipalidad.

Años posteriores a la ampliación el gobierno local ha venido incidiendo en darle mantenimiento y mejoras al camino, por medio de gestiones gubernamentales.

En 1998 el tramo de carretera queda completamente deteriorado casi intransitable, debido al huracán Mitch que se dio en esa fecha, lo cual causo preocupación a las autoridades municipales y a la población en general, por no tener otra vía de comunicación. Por tanto, surge la restauración por completo hasta llegar a tener un camino de todo tiempo.

Para evitar mayores daños provocados por la naturaleza como los ocurridos en el año 98, se construyeron sistemas de drenajes en el año 2000. Desde entonces se viene dando un mantenimiento rutinario año con año, lo que implica inversiones por las instituciones del estado encargadas de la red vial del país, como el Ministerio de transporte e infraestructura (MTI), Fondo de mantenimiento vial (FOMAV) e Inversiones con transferencias municipales del ministerio de hacienda y crédito público (MHCP).

JUSTIFICACIÓN

Nuestro país depende en gran parte de las actividades agrícolas y ganaderas, con diversidad de producción dependiendo de la zona en que nos encontremos ubicados. En nuestro caso las actividades que se realizan son agropecuarias y ganaderas, cultivándose café, maíz, frijoles, sorgo y hortalizas. La ganadería de la zona se da en pequeña escala.

Se estima que el área de influencia directa es de 30.17 Km² y la indirecta del proyecto abarca 215.54 Km², el municipio de Ciudad Antigua cuenta con una población calculada de 4, 868 habitantes (según censo poblacional 2005).

Con la realización del proyecto se estará mejorando la calidad de vida de la población ya que el sistema de transporte será más cómodo, costo de movilización más económico y la tarifa será más accesible para los usuarios del transporte público.

También con este proyecto se dará un gran aumento del valor de las tierras en sus zonas de influencia. Los grandes y pequeños productores y ganaderos de la zona tendrán facilidades de llevar sus productos al comercio, esto influye de manera directa en la minimización de gastos y dificultades de transporte que anteriormente se presentaba con frecuencia.

En síntesis este proyecto es de indispensable importancia para levantar la economía de la zona y aportar al desarrollo económico del país.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar la estructura de pavimento articulado en el tramo de carretera de 4.4 km de longitud Arrayan-Ciudad Antigua, municipio de Ciudad Antigua, departamento de Nueva Segovia.

Objetivos específicos

- Analizar los estudios de suelo existente y de los bancos de materiales para determinar la calidad de los mismos siendo estos utilizados en el diseño.
- Realizar el estudio de tránsito para determinar las cargas a las que estará sometido el pavimento.
- Realizar el diseño de la estructura de pavimento articulado del proyecto por el método de la AASHTO 93.
- Realizar el estudio de impacto ambiental para determinar los principales impactos negativos y positivos del proyecto.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELO

ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELO

Generalidades

El suelo es un material bastante abundante y de uso práctico en el desarrollo de un proyecto de construcción, muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por esto, se recurre a realizar sobre él análisis y pruebas, para lograr con certeza la estabilidad en el tiempo.

En este capítulo se presenta el estudio de suelo del tramo de carretera del empalme El Arrayan – 4.4 Km con dirección al Municipio de Ciudad Antigua, Departamento de Nueva Segovia, este estudio fue realizado por la empresa Frederic R. Harris, Inc.

El objetivo de este estudio en el tramo de carretera es conocer las características y propiedades físicas y mecánicas de los suelos in situ, para esto se deben realizar los siguientes estudios: sondeos de línea, análisis de la granulometría, relaciones volumétricas y gravimétricas (relación de vacíos, porosidad y grado de saturación), plasticidad de los suelos (límite líquido, límite plástico y porcentaje de humedad) y pruebas de California Bering Ratio (CBR).

Es de gran importancia conocer las características de los materiales y espesores que conforman la estructura existente son informaciones básicas y necesarias para diseñar los nuevos espesores incluyendo espesor de pavimento a lo largo de la carretera. Estos datos se obtendrán del estudio geotécnico realizado por la empresa consultora del proyecto, Frederic R. Harris, Inc.

Situación Actual del Camino

El tramo de camino del Empalme del Arrayan – Ciudad Antigua posee ancho de rodamiento variable y tiene un promedio de 5.62 m. El camino tiene un revestimiento (o pavimento) formado por materiales gravo-areno limosos, susceptibles de mejorar fácilmente, si son tratados con cemento. El derecho de vía existente es variable y como promedio es de 15.72 m. Está previsto que la construcción no rebasará los límites del derecho de vía establecido por la ley.

El trazo horizontal es relativamente suave, presentando algunos inconvenientes en las estaciones 2+850 y 3+410 cuyo mejoramiento de acuerdo con los Términos de Referencia está fuera del alcance de este Contrato.

El trazo vertical presenta fuertes pendientes, el 23.53 % de la longitud del camino (1.03 Km) presenta pendientes mayores que el 5 %, alcanzando un máximo de 11.73 % entre las estaciones 1+324 y 1+625.

I – 1.Consideraciones del Estudio Geotécnico

1. Estudio de los materiales que forman el paquete estructural.
2. Sondeos de línea.
3. Estudio de los materiales para posibles bancos de préstamo cercanos al tramo en estudio.

I – 1.1. Sub – rasante

Es la capa de terreno natural sobre la cual está construida y soportada la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tráfico previsto. Esta capa puede estar formada en corte o en relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño. Ver anexo, Tabla de suelos para base tratada con cemento (Ver tabla 31 y tabla 32 en anexos pág. II).

I – 1.2. Sub-base

Es la primera capa del paquete estructural que se dispone sobre sub-rasante, con el fin de facilitar un buen drenaje sobre el pavimento y permitir la construcción del resto de la estructura. En esta capa se presenta una disipación parcial, tiene capacidad de absorber algunos cambios de volumen de la sub-rasante y puede sustituir económicamente parte de la base.

Se construye con material con menos exigencia y por ende mucho más económico que el utilizado en la base. Ver Tabla 31 y tabla 33 en anexos Pág. II y pág. III de suelo para sub – base estabilizada mecánicamente.

I – 1.3. Base.

Es la capa que se construye sobre la sub-base y en su construcción se emplean materiales de mayor calidad y con mejores especificaciones de construcción. Su importancia radica en su capacidad estructural y protección del resto del paquete estructural, esta capa es indispensable para la estructura de pavimento, ya que en ella se presenta la mayor disipación de esfuerzos. Ver tabla 31 y tabla 35 - 36 de suelos en Anexos página II y IV.

La granulometría que debe tener un material para ser utilizado como base se encuentra en la tabla 32 en Anexos, página II.

I – 2. Sondeos de Línea.

Los sondeos de línea consisten en trabajos de campo, esto es realizar perforaciones en el suelo de forma manual o mecánica a ciertas distancias, que permita extraer muestras y trabajos de laboratorios que consiste en llevar las muestras a un laboratorio para realizarle los estudios pertinentes.

I – 2.1. Trabajos de Campo.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de 18 sondeos manuales, con una profundidad de 1.50 m distribuidos a lo largo del camino investigado, con una separación entre sondeos de 250 m aproximadamente.

En todos los sondeos realizados se tomaron muestras alteradas, de los estratos de suelo encontrados, para ser ensayados posteriormente, con el fin de determinar los espesores a colocar en el camino investigado.

También se tomaron muestras de 2 fuentes de materiales para ver si pueden suplir las necesidades del proyecto en este aspecto.

Los criterios de espaciamientos para realizar los sondeos de línea se aprecian en la tabla 37 de anexos pág. V, tomados de la publicación Pavimentos para carreteras, Alfonso Montejo Fonseca.

I – 2.2. Trabajos de Laboratorio.

Las muestras obtenidas en los sondeos realizados se sometieron a los siguientes ensayos de laboratorio, de acuerdo a las normas ASTM.

TABLA 1. Pruebas de laboratorio.

TIPO DE ENSAYE	DESIGNACION	CANTIDAD	RANGO
Análisis granulométrico de los suelos	D-422	45	A-1-b (o) / A-7-6 (13)
Límite líquido de los suelos	D-4318	45	20% a 56%
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	D-4318	45	NP – 35%
C.B.R. en la línea	D-1883	8	sep-48

Fuente: Estudio de Suelos del Tramo de Carretera del Empalme del Arrayan – Ciudad Antigua

En base a los resultados obtenidos las muestras se clasificaron de acuerdo al sistema H.R.B. (ASTM D-3282).

Ver Gráfico 2 de ubicación de bancos en anexos página XI.

I – 2.3. Tipo de Análisis de Laboratorio

I – 2.3.1. Análisis granulométrico (ASTM D-422)

Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo, por medio del cual se puede seleccionar el material adecuado que presente propiedades aptas para la conformación de base o sub-base en la carretera.

La variedad de tamaño de las partículas de suelos, es prácticamente ilimitada, por su naturaleza los granos mayores son los que se pueden mover con la mano, mientras que los más finos son tan pequeños que no se pueden apreciar con un microscopio corriente.

Debido a ello es que se realiza el análisis granulométrico que tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar en porcentaje su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene.

La manera de hacer esta determinación es por medio de tamices de abertura cuadrada.

El procedimiento de ejecución del ensaye es simple y consiste en tomar una muestra de suelo de peso conocido, colocarlos en un juego de tamices ordenados de mayor a menor abertura, pesando los retenidos parciales de suelo en cada tamiz. Esta separación física de tamaño, es lo que se le conoce como fraccionamiento.

La determinación de peso de cada fracción que contiene partículas de un solo tamaño es llamado análisis mecánico, el cual brinda la información básica para revelar uniformidad o graduación de un material dentro de los rangos establecidos, para la clasificación de la textura del suelo.

I – 2.3.2. Ensayo de los Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

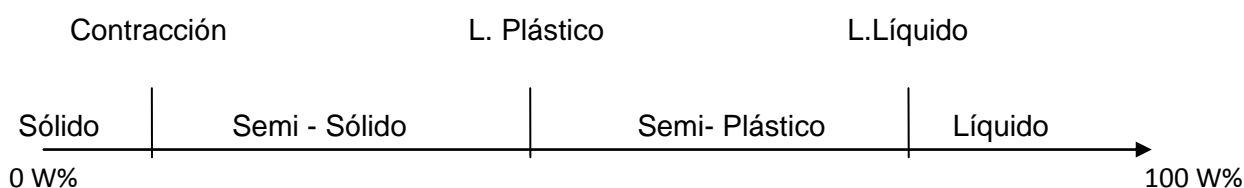


Figura 1. Límites de Atterberg

I – 2.3.3. Limite Líquido (ASTM D-4318)

Es el estado en porcentaje de agua que tiene una muestra de suelo, fija la división entre el estado líquido y el estado plástico.

Esta propiedad de Límite Líquido (L.L) se mide en el laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la cuchara de bronce de nombre Casagrande, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura-patrón y se golpea desde la altura de un centímetro consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que la zanja

que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 12.7 mm. Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo corresponde al L.L.

Dado que no siempre es posible que la zanja se cierre con 25 golpes, existen dos métodos para determinar el L.L:

1. Graficar el número de golpes en coordenadas logarítmicas Vs Humedad en coordenadas normales, e interpolar para humedad a 25 golpes.
2. El método puntual consiste en multiplicar la humedad por un factor relacionado con el número de golpes y así obtener el L.L.

I – 2.3.4. Limite Plástico e índice de Plasticidad (ASTM D-4318)

El limite plástico es el contenido de agua que tiene una muestra de suelo cuando se encuentra en el límite inferior de su estado plástico o bien es la frontera entre el estado semisólido.

El Límite Plástico (L.P) se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado pero sencillo consiste en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm.

Para esto se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y superficie de vidrio, hasta conseguir un cilindro de 3 mm de diámetro. Al llegar a este diámetro se desarma el cilindro y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente un cilindro de 3 mm. Esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener el cilindro de la dimensión deseada. Con ese contenido de humedad el suelo se vuelve quebradizo (por pérdida de humedad). Entonces se mide el contenido de humedad el cual corresponde al límite plástico.

I – 2.3.5. Ensayo de C.B.R (ASTM D-1883)

El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. En forma de ecuación, esto se puede expresar como:

$$CBR = \frac{CARGA\ UNITARIA\ DEL\ ENSAYO}{CARGA\ UNITARIA\ PATRON} * 100\%$$

Fórmula 1

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo determinado utilizando el ensayo de compactación estándar (o próctor modificado). A menudo se compactan dos moldes de suelo: uno para penetración inmediata y otro para penetración después de dejarlo saturar por un periodo de 96 horas; este último se sobrecarga con un peso similar al del pavimento pero en ningún caso menor que 4.5 kg.

Los rangos de CBR utilizados para definir la clasificación cualitativa para el ensayo Próctor estándar para la sub-rasante, base y sub-base se encuentran en la Ver tabla I de anexos, página II, Mecánica de suelos y cimentaciones sexta edición 2008, cresco Villalaz.

I – 2.3.6. Análisis de los Resultados del Estudio de Suelo

I -2.3.6.1. Clasificación de los Suelos

De acuerdo a los resultados obtenidos los materiales predominantes a lo largo del tramo del camino investigado, según el sistema de clasificación H.R.B., son gravas y arenas limosas, que clasifican, en el sistema H.R.B., como A-1-a y A-1-b y A-2-4, encontrándose en algunos sectores estratos de gravas y arenas arcillosas tipo A-2-6, así como, suelos arcillosos A-6 y suelos limosos A-4.

El índice de grupo (IG) de los suelos predominantes es de Cero (0) para los A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-2-6, de 2 a 8 para los A-6 y de 0 a 1 para los A-4, lo que es indicativo de una calidad que va de regular a buena para cimentación de terraplenes o estructuras de pavimento.

TABLA 2. Clasificación de Muestras Extraídas en los Sondeos de Línea.

Clasificación	Tipo de Suelo	Cantidad de Muestras	LL	LP	Estrato (cm)	IG
A-1-b A-1-a A-2-4	Arena Limosa con Grava	12	$0 \leq LL \leq 32$	$0 \leq LP \leq 10$	0-150	0
A-7-6 A-7-5	Arcilla con Grava	3	$42 \leq LL \leq 55$	$18 \leq LP \leq 35$	0-150	$3 \leq IG \leq 13$
A-2-6	Arena Arcillosa con Grava	1	40	14	60-150	0
A-6	Arcilla Arenosa con Grava	1	37	11	18-50	1
A-4	Limo Arenoso	1	24	5	0-20	3
TOTAL		18				

Fuente: Elaboración Propia. Datos Extraídos del Estudio de Suelo del Tramo de Carretera en estudio.

I -2.3.6.2. Resultados de las Pruebas de Laboratorio

Las partículas de suelo con arena limosa y grava del tipo A-1-b poseen entre el 65% al 92% que pasa el tamiz N°4, entre 8% y 28% que pasa el tamiz N°200, del tipo A-1-a posee el 67% que pasa el tamiz N°4, el 4% que pasa el tamiz N°200, del tipo A-2-4 poseen entre el 64% al 87% que pasa el tamiz N°4, entre 21% y 27% que pasa el tamiz N°200.

Las partículas de suelo que presentan arcilla con grava del tipo A-7-6 poseen entre el 67% al 71% que pasa el tamiz N°4, entre 39% y 53% que pasa el tamiz N°200, del tipo A-7-5 posee el 79% que pasa el tamiz N°4, el 55% que pasa el tamiz N°200.

Las partículas que presentan arena arcillosa con grava del tipo A-2-6 poseen entre el 61% al 84% que pasa el tamiz N°4, entre 15% y 30% que pasa el tamiz N°200.

Las partículas de suelo que presentan arcilla arenosa con grava del tipo A-6 posee el 73% que pasa el tamiz N°4, el 39% que pasa el tamiz N°200. Las partículas de suelo que presentan limo arenosas con grava del tipo A-4 poseen entre el 89% al 94% que pasa el tamiz N°4, entre 38% y 40% que pasa el tamiz N°200.

Los suelos que predominan a lo largo del tramo de carretera son los clasificados del tipo A-1-b, A-1-a, A-2-4, poseen un límite líquido que varía entre 0% y el 32% y el índice de plasticidad oscila entre 0% y el 10%.

Los suelos del tipo A-7-6, A-7-5, se encuentran con bastante frecuencia en el tramo en estudio y poseen un límite líquido que varía entre 42% y el 55% y el índice de plasticidad oscila entre 18% y el 35%. En caso de los suelos clasificados del tipo A-2-6, poseen un límite líquido de 40% y el índice de plasticidad es de 14%.

El límite líquido de 37% y el índice de plasticidad es de 11% pertenece a los suelos clasificados del tipo A-6. Los suelos del tipo A-4, poseen un límite líquido de 24% y el índice de plasticidad es de 5%.

El material superficial predominante en el tramo de carretera en estudio es el clasificado según H.B.R. A-1-b, este presenta valores de C.B.R. al 95% que varían 41 al 55 y al 100% de compactación oscila de 55 al 68%.

Los materiales que contienen arcilla con grava, clasificados como A-7-6 también se pueden ubicar esporádicamente en las partes superficiales e intermedias del tramo en estudio estos presentan valores de C.B.R. al 95% de compactación 5 y al 100% de compactación 7.

En algunas capas inferiores del tramo en estudio se presentan suelos de arena arcillosa con grava clasificados según H.B.R. como A-2-6, este presenta valor de C.B.R. al 95% de compactación 9 y al 100% de compactación 11.

Los estudios de suelo elaborados en este tramo de carretera tanto los resultados de los ensayos como la estratigrafía fueron elaborados por la empresa Frederic R. Harris, Inc. (Ver tabla 31 y tabla 32 en anexos, página II).

I -2.3.6.3. Nivel de la sub-rasante

Conociendo las características de los estratos analizados en el laboratorio, extraídos de los sondeos realizados a lo largo de los 4.4 kilómetros que comprenden los alcances de este estudio, podemos definir que la sub-rasante estará ubicada por bajo del nivel de la rasante actual.

Se sugiere que a la hora que se vaya a colocar el paquete estructural (capas de sub-base y base) según nos indique el diseño, el material de la sub-rasante deberá de escarificar, conformar y compactar y en áreas donde se presente socavación, erosión y en puntos indicados por los sondeos se deberá realizar sub excavaciones a estos suelos.

I – 3. Análisis del Estudio de los Bancos de Materiales

I – 3.1. Resultado de los Bancos de Materiales.

En el tramo de carretera en estudio se debe localizar o detectar posibles yacimientos, fuentes o bancos de materiales cercanos al proyecto en estudio que puedan ser empleados en el paquete estructural según el diseño.

Se tomaron muestras de 2 fuentes de materiales aledaños a la zona del proyecto uno para ver si puede suplir las necesidades de capa de arena para asentar el adoquín y la otra para conocer el tipo de material granular para suplir las necesidades de terracería a lo largo del tramo en estudio.

Los bancos analizados se encuentran próximos al proyecto investigado. Ver detalle de materiales investigados características, propiedades y esquema de localización de los bancos de materiales. Ver Gráfico II y Gráfico III en anexos pág. XI y pág. XIV.

Tabla 3. Propiedades de los Materiales Existentes en las Bancos.

Banco N°	Nombre del banco	Estación	% que pasa el tamiz					LL	PI	Compactación del CBR		
			2"	N°4	N°10	N°40	N°200			90%	95%	100%
1	El cementerio	Estación 4+385.629	100	56	47	32	24	31	9	15	22	29
2	Río El Arrayán	Aguas arriba y aguas abajo del paso Ciudad Antigua	100	94	69	19	1		NP	-	-	-

Elaboración Propia. Datos Extraídos del Estudio de Suelo del Tramo de Carretera en estudio.

Tabla 4. Tipo de material y volumen aproximado.

Banco N°	Ubicación	Dueño	Tipo	Clasificación (HRB)	Volumen Aproximado
1	Estación 4+385.629	Rosa Salazar	Material Selecto	A-2-4(0)	15,000 m³
2	Aguas arriba y aguas abajo del paso Ciudad Antigua	Estatat	Arena	-	10,000 m³

Fuente: Elaboración Propia. Datos Extraídos del Estudio de Suelo del Tramo de Carretera en estudio.

Los materiales extraídos del banco para ser propuesto como base granular o sub base presentan en resumen un LL = 31, un IP = 9 y un CBR al 95% de compactación de 22.

Los materiales extraídos del banco propuesto para capa de arena para asentar el adoquín en resumen presenta un IP = 0, el porcentaje que pasa el tamiz 3/8" es el 93% y el que pasa el tamiz N°200 es el 1%.

Con estos resultados obtenidos del laboratorio llegamos a la conclusión que el tipo de material existente en el banco para base granular no cumple con las especificaciones propuestas por la NIC-2000 en cuanto al apéndice 1003.23 sección "b" granulometría del cuadro 1003-10. Ver tabla 35 en Anexo pág. IV.

El material existente en el banco no puede ser tratado con cemento ya que este no cumple el apéndice 1003.23 sección “d” de la NIC-2000, sin embargo, el material predominante existente a lo largo del tramo de carretera cumple con los parámetros que especifica la NIC-2000 para ser mejorados con cemento y la opción que analizaremos será escarificar el suelo existente en el tramo para mejorar la base y sub – base según indique el diseño. Ver Tabla 36 en anexo pág. IV.

I – 3.2. Materiales estabilizados con cemento hidráulico.

El suelo existente a lo largo del tramo de carretera en estudio se estabilizara con cemento Portland, referido al peso seco de dichos materiales, esto con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los suelos en la vía.

La experiencia previa del Consultor en la estabilización de suelos gravo-limo-arenosos como los existentes en la carretera El Arrayán – Ciudad Antigua, le indica que se podrá utilizar un 7% de cemento para lograr una base de suelo cemento que refleje a los 7 días de edad una resistencia a la compresión del orden de los 21 kg/cm² o un poco más. Esto implicará utilizar 3.00 bolsas de cemento de 42.5 kg por cada metro cúbico compacto de base estabilizada.

Luego de realizar este ensaye con el 7% y adoptar una resistencia a la compresión del orden de los 21 kg/cm² (298.74 lbs/pulg² – 2059.43KN/m²), este sobrepasa la resistencia de 1800 KN/m² (18.36 Kg/cm² – 261.06 lbs/pulg²), recomendado por la NIC – 2000, es decir que los materiales sobre el tramo en estudio son aptos para ser estabilizados con cemento.

Se recomienda eliminar el sobre tamaño de los agregados de tal manera que cumpla con lo establecido en la NIC-2000.

El porcentaje de cemento antes señalado se recomienda sea verificado y ajustado durante el proceso constructivo.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

II. ESTUDIO DE TRÁNSITO

Generalidades

Todo estudio de tránsito está compuesto por diferentes elementos básicos que interactúan y se relacionan entre sí; como los usuarios de las carreteras, los vehículos que circulan por ellas, los controles y parámetros que se aplican para normar la operación de las mismas. La determinación del flujo vehicular de un tramo de carretera se da con el objetivo de conocer la clasificación de los vehículos, así como sus respectivas cargas por ejes, su crecimiento vehicular actual como proyectado. Esta información antes mencionada es de vital importancia para realizar un diseño de carretera o ampliación de la misma mediante un estudio de tránsito.

II – 1. Volúmenes de Tránsito:

Es el número de vehículos que pasa por un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

En todo estudio de tránsito se deben coleccionar al menos dos datos: tránsito promedio diario (TPDA) y tránsito promedio diario de camiones (TPDAC). Estos pueden ser obtenidos a partir de aforos vehiculares. El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y la demanda de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación del volumen de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de estos y su forma de operación, como así también a las características socioeconómicas de los usuarios.

El conteo vehicular del tránsito puede variar según el día de la semana que se haga el estudio.

II – 1.1. Composición del Tránsito

De acuerdo a la División de Administración Vial del Ministerio de Transporte e Infraestructura, en su anuario de aforos de tráfico 2013, la clasificación vehicular se divide de la siguiente manera:

II – 1.1.1. Vehículos Livianos

- **Motocicletas:** Incluye todos los tipos de Motocicletas tales como Mini motos, Cuadriciclos y Moto taxi. Moviliza a tres pasajeros incluyendo al conductor.
- **Autos:** Se consideran todos los tipos de vehículos de cuatro y dos puertas.
- **Jeep:** Se consideran todos los vehículos conocidos como 4x4, en diferentes tipos de marcas, tales como Toyota, LandRover, Jeep, etc.
- **Camionetas:** Son todos aquellos tipos de vehículos con tina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que están diseñadas a trabajo de cargas. que tienen tina, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están destinadas a trabajos de carga.

II – 1.1.2. Vehículos pesados de Pasajeros

Son vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas como los siguientes:

- **Microbús:** Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
- **Mini bus:** Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
- **Bus:** Se consideran todos los tipos de buses para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 pasajeros sentados.

II – 1.1.3. Vehículos pesados de Carga

Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes tales como:

- **Liviano de carga:** se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de cuatro toneladas o menores a ellas.
- **Camión de carga C2 – C3:** Son todos aquellos camiones tipo C2 (2 ejes) y C3 (3 ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
- **Camión de carga pesada Tx-Sx≤4:** Son todos aquellos vehículos diseñados para el transporte de mercadería liviana y pesada, y son del tipo Tx-Sx≤4.
- **Tx-Sx≥5:** Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y Semi remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
- **Cx-Rx≤4:** Camión combinados, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes, y están clasificados Cx-Rx≤4.
- **Cx-Rx≥5:** Son combinaciones iguales que las anteriores, pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes

II – 1.1.4. Equipos pesados

Se componen de los vehículos que no son utilizados para el transporte de personas o cargas sino para fines específicos como la agricultura y la construcción.

- **Vehículo Agrícola:** Se incluyen remolques o tráileres pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los tirados o halados por tracción animal o humana. Son vehículos provistos de llantas de hule siendo las traseras de gran tamaño. Muchas de ellas tienen un arado, con el cual efectúan faenas del campo agrícola, (Tractores, arados, cosechadoras etc.).

- **Vehículos de Construcción:** Generalmente se utilizan en la construcción de carreteras puentes y demás obras civiles, pueden ser de diferentes tipos, tales como: moto niveladoras, palas mecánicas compactadoras, mezcladoras.

II – 1.1.5. Otros

Son los vehículos remolcados por otros vehículos y no poseen motor.

- **Tráiler y Remolques:** son todos aquellos vehículos pequeños halados por cualquier otro vehículo de automotor, también se incluyen los halados por tracción animal.

II – 2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), Vehículos por Día.

El flujo vehicular que circula por el tramo Arrayan – Ciudad antigua, se determinó a través de aforos vehicular clasificado por tipos de vehículos, en ambas direcciones, en un periodo de 12 horas de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. Dando inicio el día Viernes 27 de agosto del año 2010 y terminando 4 días posteriores al día de inicio. Este conteo fue realizado por la Empresa Consultores EDICRO S.A

Durante 5 días realizando conteos de 12 horas, se registró un total de 2036 vehículos, entre Ciudad Antigua y El Arrayán moviéndose 1026 y entre El Arrayán-Ciudad Antigua 1010 vehículos, dando una Distribución Direccional de 50/50%. Los vehículos que más frecuentemente pasaron por el proyecto fueron: Motos 41.65%, Camionetas de tina 33.6%, Carros 18.52%, Camión C₂ 2.7% y Buses 1.38%. El promedio redondeado de todos los vehículos registrados entre el 27 y 31 de Agosto del 2010 resultó de 407 vehículos por día. El flujo de mayor incidencia se dio el día, domingo 29 de agosto con 460 VPD, en relación al día lunes 30 de agosto, donde se dio menor actividad vehicular con 356 VPD. La cifra 407 marca el inicio de los cálculos para expandirla con sus factores de ajuste, hasta el Tránsito Promedio Diario Anual o TPDA del proyecto.

Conteo vehicular clasificado del tramo: El Arrayán-Ciudad Antigua. (Ver Tabla II – 1. Siguiente página).

Tabla 5. Conteo vehicular de 12 horas (06:00 am - 06:00 pm) clasificado del tramo: El Arrayán-Ciudad Antigua.

Día	Motos	Vehículos Livianos		Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados	Total
		Autos	Cmta	Mini Bus	Mbus	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≤5	Agrícolas	
Viernes	194	72	117	0	4	6	13	27	0	0	2	435
Sábado	182	47	131	0	1	12	0	5	0	0	1	379
Domingo	184	79	192	0	0	5	0	0	0	0	0	460
Lunes	145	72	115	0	4	5	4	10	0	0	1	356
Martes	143	107	129	0	0	0	12	13	0	0	2	406
Total	848	377	684	0	9	28	29	55	0	0	6	2036
TPDiurno (5 días)	170	75	137	0	2	6	6	11	0	0	1	407
% TPD (5 días)	41.65	18.52	33.60	0.00	0.44	1.38	1.42	2.70	0.00	0.00	0.29	100
% Vehículos Livianos				% Pesado de Pasajeros			% Pesado de Carga				100	
93.76				1.82			4.13					

Fuente: Elaboración propia.

II – 2.1. Factores de Ajustes

La oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Puentes (ODEPP), de la División de Administración Vial, del Ministerio de Transporte e Infraestructura, es la encargada de la publicación de los TPDA del parque automotor, a través de las Estaciones de conteos ubicadas en todo el Territorio Nacional. Así como también brindar la información de los factores de ajustes o expansión del día, semana y temporada, según la clasificación de los vehículos como el tipo de carretera en estudio.

En el presente documento se aplicaran factores de ajustes en los volúmenes de tráfico del TPDiurno, brindados por la Estación de conteos Sumaria (ECS); 8305 de la División de Administración Vial, en el tramo de estudio, para llegar a conocer el TPDA de expansión.

TABLA 6. Factores de Ajuste de la Estación N° 8503 para el Tramo: El Arrayán-Ciudad Antigua.

Factores	Motos	Vehículos Livianos		Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados
		Autos	Cmta	Mini Bus	Mbus	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≤5	Agrícolas
Día	1.21	1.42	1.27	1.14	1.38	1.16	1.24	1.25	1.15	1.54	1.00
Semana	0.94	1.03	1.01	1.94	0.92	0.95	0.90	0.88	0.86	0.95	1.00
Temporada	0.98	1.04	0.97	1.25	0.95	1.08	0.99	1.16	1.24	0.85	4.00

Fuente: Pág. 270, Publicación de anuario de aforos de tráfico año 2010-MTI

A los datos obtenidos del TPDiurno, posteriormente se aplican los respectivos factores de ajustes del Día y la Semana, según la clasificación de los vehículos en la tabla 7. Factores de ajuste, siguiente página.

Expansión de tráfico a TPD y TPDS con sus factores de ajuste para las 24 horas y semana.

Tabla 7. Expansión de tráfico a TPD y TPDS
Expansión a TPD 24 horas y TPD Semanal del Tramo: El Arrayán-Ciudad Antigua

Factores	Motos	Vehículos Livianos		Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados	Total vpd
		Autos	Cmta	Mini Bus	Mbus	Bus	Liv C2	C2	C3	TxS x ≤5	Agrícolas	
TPDiurno (5 días)	170	75	137	0	2	6	6	11	0	0	1	407
Factor día	1.21	1.42	1.27	1.14	1.38	1.16	1.24	1.25	1.15	1.54	1	
TPD (5 días) ajustado	205	107	174	0	2	6	7	14	0	0	1	
Factor semana	0.94	1.03	1.01	1.94	0.92	0.95	0.9	0.88	0.86	0.95	1	
TPDS ajustado	193	110	175	0	2	6	6	12	0	0	1	

Fuente: Elaboración propia.

II – 2.2. Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual TPDA

Con los resultados totales calculados en la tabla anterior y aplicando los Factores de Temporada a los mismos, según la clasificación vehicular, obtenemos el Tránsito Promedio Diario Anual TPDA.

Según el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales(SIECA), este valor de TPDA corregido ya ajustado con los factores de Día, Semana, y Temporada, se encuentra en el rango de vehículos promedio diario de una carretera colectora rural o colectora secundaria.

Ver tabla 8. Cálculo del TPDA. Siguiendo página.

Tabla 8. Cálculo de TPDA

Factores	Motos	Vehículos Livianos		Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga				Veh. Pesados	Total
		Autos	Cmta	Mini Bus	Mbus	Bus	Liv C2	C2	C3	TxSx ≤5	Agrícolas	
TPDS	192.90	110.28	175.47	0	2.28	6.17	6.47	12.1	0	0	1.2	0
Factor temporada	0.98	1.04	0.97	1.25	0.95	1.08	0.99	1.16	1.24	0.85	4	
TPDA	189	115	170	0	2	7	6	14	0	0	5	508
% TPDA	37.21	22.58	33.50	0.00	0.43	1.31	1.26	2.76	0.00	0.00	0.94	100
% de vehículos livianos				% pesados de pasajeros			% Pesados de carga				% veh pesados	% Gbl.
93.29				1.74			4.02				0.94	100.00

Fuente: Elaboración propia.

II – 3. Tasas de Crecimientos

Estas comprenden los aspectos de crecimiento o disminución, a través de valores porcentuales en un determinado tiempo.

La tasa de crecimiento es el valor que hay que estimar para hacer las respectivas proyecciones de tránsito, correlacionando los valores de tres variables de suma importancia como: el Producto Interno Bruto (PIB), tasa del Crecimiento Poblacional, y la tasa de crecimiento de tránsito en el tramo de estudio, ya que los valores de ellas varían sistemáticamente una respecto a la otra.

II – 3.1. Producto Interno Bruto (PIB)

Se realizó un análisis en el comportamiento de crecimiento o decrecimiento del Producto Interno Bruto de los últimos 14 años en Nicaragua.

Se puede apreciar que al inicio del siglo XXI, la tasa de crecimiento del PIB fue de 4.1%, para el año 2002 hubo una disminución de hasta 3.3 puntos porcentuales respecto al año 2000, quedando de esta manera en 0.8%, dos años posteriores presento mejoría con tasas 2.5% y 5.3%, sin embargo en el año 2005 y 2006, las tasas descendieron a 4.3% y 4.2% respectivamente, pero al año posterior hubo un aumento de 1.1%, para luego decaer considerablemente hasta un –2.8% en el año 2009.

Ese descenso en el porcentaje del crecimiento del PIB, se debió a gran medida por la dependencia que el país tenía hacia el petróleo y sus derivados en ese año, posteriormente en los 2 años siguientes ,se produjo un alivio en las tasas de crecimientos de 3.2% y 6.5% alcanzando el 2011 la tasa más elevada, para luego disminuir 1.1% en el 2012 y 0.6% en el 2013, alcanzando una tasa de 4.5%, para el cierre del 2014 la tasa del PIB cerro en 4.7% con un aumento de 0.2 puntos porcentuales.

Según el IMAE al cierre del primer trimestre del 2015 la tasa alcanzo 3.8% y se estima que al final del año 2015 el crecimiento económico se ubicara en el rango de 4.5% y 5% dándole alivio a la economía del país.

Tabla 9.Tasa de crecimiento. (2000-2014)

TASA DE CRECIMIENTO (PIB)	
Año	PIB (TC) %
2014	4.7
2013	4.5
2012	5.1
2011	6.2
2010	3.2
2009	-2.8
2008	2.9
2007	5.3
2006	4.2
2005	4.3
2004	5.3
2003	2.5
2002	0.8
2001	3
2000	4.1
Promedio	3.54%

Fuente: BCN, Anuario Estadístico, 2014

II – 3.2. Crecimiento Poblacional.

Es el cambio en la población en cierto plazo, y puede ser cuantificada como cambio en el número de individuos en una población, usando el tiempo como unidad para su medición. Para considerar la tasa de crecimiento de la población se usaron las Estimaciones y proyecciones de población (Año 1950 – 2050), brindados por Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE).

Las tasas de crecimientos mostradas en la tabla siguiente se hicieron cada quinquenios, donde en los primeros 30 años se muestra una tasa de crecimiento promedio arriba de 3%, en los 15 años posteriores, la población viene decreciendo mostrando una tasa promedio de 2.4%, a partir de 1995 al año 2015, se muestra un descenso en la tasa poblacional de 1.4% promedio, el ritmo de aumento en las tasas posteriores del año 2015 al 2050 vienen menguando su crecimiento poblacional, promediando una tasa de 0.7%.

Cabe señalar que la población Nicaragüense en el 2005 fue de 5,142,098 habitantes según el último censo hecho por INIDE, haciendo uso de la ecuación exponencial y de la tasa de crecimiento del año 2015 se tiene una población estimada de 5,807,563 habitantes para el año 2015.

Tabla 10. Crecimiento de la población quinquenal.

QUINQUENIOS	TASAS MEDIAS ANUAL DE CRECIMIENTO	QUINQUENIOS	TASAS MEDIAS ANUAL DE CRECIMIENTO
	EXPONENCIAL		EXPONENCIAL
1950 - 1955	3.011	1985 - 1990	2.184
1955 - 1960	3.259	1990 - 1995	2.373
1960 - 1965	3.021	1995 - 2000	1.807
1965 - 1970	3.032	2000 - 2005	1.337
1970 - 1975	3.076	2005 - 2010	1.297
1975 - 1980	3	2010 - 2015	1.217
1980 - 1985	2.644	PROMEDIO	2.4

Fuente: Estimaciones y proyecciones de población. INIDE. Año 1950 - 2050

II – 3.3. Tasa de crecimiento de Tránsito.

Con los datos brindados por la estación de conteo sumaria 8305, del Sistema de Administración de Pavimento (**SAP**) del MTI, publicados en el anuario de aforo de tráfico año 2013, nos permite conocer el comportamiento de las tasas de crecimiento del tránsito comprendido entre 1999, 2002, 2006 y 2010, como lo muestra la tabla siguiente No:11. Se lo logra observar que las tasas de crecimientos vehicular vienen en aumento, excepto la del 2006 que produjo una baja tendencia de 1.06%, la tasa promedio en este periodo es de 1.12%, una tasa significativa para el crecimiento del parque automotor.

El último anuario de aforo de tráfico emitido por el MTI fue en el año 2014, pero este tramo en particular no fue aforado, por tal razón se utilizó el anuario de tráfico del año 2013, debido a que contiene los últimos datos del tramo en estudio.

Tabla 11. Historial de tránsito de la estación de conteo sumaria 8305

Tramo: Arrayán-Ciudad Antigua

Nº	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Departamento	Tipo de Superficie	Clasificación Funcional	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
329	NN-13	8305	ECS	Emp. Ciudad Antigua (El Arrayán) - Ciudad Antigua	Nueva Segovia	Revestida	Colectora Secundaria	2010	108	51	3	55			1	6	6									228
								2006	54	5	19	60	6		5	1	3							2		156
								2002	17	3	17	46	1		5	7	28						1			124
								1999	21	2	11	22			4	1	8	1						0		70

Fuente: Pág. 176, Publicación de anuario de aforos de tráfico año 2013-MTI

II – 3.4. Selección de la tasa de crecimiento vehicular para el diseño

Una vez analizados los valores de las variables cuantitativas, se tiene que la tasa de crecimiento promedio del PIB entre el año 2000 al 2014 es de 3.54%, siendo para el crecimiento de la población una tasa promedio de 2.40% en los últimos años, quedando para el crecimiento vehicular una tasa promedio de 1.12%. Se puede observar que los valores del PIB y del crecimiento de la población al correlacionarlo con el valor del crecimiento vehicular son desproporcionales lo que con lleva a decir que no existe una relación

porcentual directa entre ambas, por lo tanto no se puede seleccionar una tasa de crecimiento para el tramo en estudio comparando los valores de las tasas anteriores.

De igual manera que se analizó la tasa del PIB versus tránsito, y tránsito versus crecimiento poblacional, se procede a relacionar los valores del PIB con los valores del crecimiento de la población y se obtiene una relación entre los valores de ambas, estimando de esta manera un 3% como tasa de crecimiento vehicular para el diseño.

II – 4. Periodo de Diseño

El periodo de diseño, es el tiempo de vida útil, para el cual se diseña una carretera en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionalmente.

Según la siguiente tabla, el periodo de diseño recomendado para esta vía clasificada como Colectora Rural, es de 10 a 20 años, para efectos de diseño se utilizara un periodo de 15 años.

Tabla 12. Periodos de Diseño

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales Suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	
Colectoras Rurales	10 – 20 años

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2002.

II -5. Proyecciones del Tránsito

El Tránsito Total está compuesto por:

- Tránsito Normal
- Tránsito Generado
- Tránsito Atraído

II – 5.1. Tránsito Normal

Es el tránsito que se produce en la vía y que crece de forma natural con forme crece la economía nacional, independientemente de las condiciones geométricas y estructurales que está presente.

Entre los registro del Sistema de Administración de Pavimento (**SAP**), del MTI, existe un historial de volumen de Tránsito del Arrayan – Ciudad Antigua, en los años 1999, 2002, 2006 y 2010, de la estación de Conteo Sumaria N° 8305, con un TPDA de 70 vpd en el año 1999, 124 vpd para el año 2002, 156 vpd en el año 2006 y 225 vpd para el año 2010. Para el cálculo del tránsito inicial del proyecto se tomaran los datos facilitados por la empresa consultora EDICRO, la cual realizó el estudio de transito de este tramo en el mismo año del anuario de aforo 2010, resultando 508 vpd, duplicando el dato arrojado por la división de administración vial, dato inicial para la proyección del tránsito al 2030, para efecto de diseño se traerá el flujo del tránsito del 2010 al año actual 2015 donde la carretera empezó a funcionar, aplicando una tasa de crecimiento definida anteriormente de 3% y un $n = 5$ años. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1 + i)^n$$

Fórmula 2

Dónde:

T_n = Tránsito Promedio Diario para el año n

T_o = Tránsito Promedio del año base

i = Tasa de crecimiento vehicular

n = Numero de años del periodo de diseño

(Ver tabla 14, siguiente página)

Tabla 13. Tránsito normal (2010-2015)

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₀	TPDA ₂₀₁₅	Composición Vehicular (%)	% Vehicular
Motos	189	219	37.21	37.21
Vehículos Livianos				
Autos	115	133	22.58	56.08
Camionetas	170	197	33.50	
Pesado de Pasajeros				
Bus	7	8	1.31	1.74
Pesados de Carga				
Liv C2	6	7	1.26	4.97
C2	14	16	2.76	
Agrícola	5	6	0.94	
Total	508	589	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

II – 5.2. Tránsito Generado

El tránsito generado es el tránsito adicional que circulará en el tramo en función de las mejoras de la carretera y las condiciones de transporte, logrando así el desarrollo de procesos productivos y nuevas tecnologías que permita a los productores obtener un incremento en la producción.

Al tránsito generado se le asignan tasas de incremento del 5%-25% del tránsito actual, mediante fundamento y aplicaciones de Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola.

El tráfico generado se cuantifica como una parte porcentual del tráfico normal para cada tipo de vehículo, según el Ministerio de Transporte e Infraestructura recomienda que dicho valor no sobre pase del 10%.

Se toman en cuenta las recomendaciones del MTI y las del libro de ingeniería de transito del autor Rafael Cal y Mayor para la selección de la tasa de incremento en el tránsito, se consideró un 7% para el caso en estudio, relacionando la producción con la que se cuenta en el municipio, lo que

dinamizará y aumentará la economía local generando mayor cantidad de viajes una vez rehabilitada la superficie de rodamiento.

La tabla 15 presenta la proyección del tráfico generado, este se muestra desde el año 2013 en el cual comenzará a operar la vía una vez finalizado el proyecto.

Tabla 14. Tránsito generado (2015)

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₅	Composición Vehicular (%)	% Vehicular
Motos	15	37	37.21
Vehículos Livianos			
Autos	9	23	56.08
Camionetas	14	34	
Pesado de Pasajeros			
Bus	1	1	1.74
Pesados de Carga			
Liv C2	1	1	4.97
C2	1	3	
Agrícola	0	1	
Total	41	100	100

Fuente: Elaboración propia

II – 5.3. Tránsito Atraído

Un componente importante para completar los ajustes de pronósticos de tráfico actual es el que representa el Tráfico Atraído hacia una facilidad nueva desde otras existentes, ya sea por asuntos de confort, de menores costos de operación, de mejoras en condiciones geométricas, de mejoras en la seguridad vial y por presentar menores distancias de viaje.

La red vial con que se cuenta para llegar al municipio de Ciudad Antigua presenta vías alternas, una se dirige desde San Fernando hacia la intercepción del km 2.5 del tramo a intervenir, otra que une el municipio de Ciudad Antigua con Telpaneca y rutas intercomunitarias y municipales que se unen con el municipio de Jícaro, todas en mal estado por no ser caminos de todo tiempo,

debido a que las municipalidades correspondientes no las intervienen por razones de costoso mantenimiento y poco uso de estas vías.

Esta variable se ha seleccionado por estudios de origen y destinos que se realizaron por la empresa EDICRO S.A. y por las distintas vías alternas antes mencionadas, con esto seleccionamos un 15% para este proyecto en estudio.

Tabla 15. Tránsito atraído (2015).

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₅	Composición Vehicular (%)	% Vehicular
Motos	33	37	37.21
Vehículos Livianos			
Autos	20	23	56.08
Camionetas	30	34	
Pesado de Pasajeros			
Bus	1	1	1.74
Pesados de Carga			
Liv C2	1	1	4.97
C2	2	3	
Agrícola	1	1	
Total	88	100	100

Fuente: Elaboración propia

II – 5.4. Tránsito Inicial del Proyecto

El Tránsito Inicial del proyecto es la suma de los volúmenes proyectados al año base 2015 del Tránsito Normal más el Tránsito Generado y atraído.

Tabla 16. Tránsito inicial del proyecto (2015)

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₅	Composición Vehicular (%)	% Vehicular
Motos	267	37	37.21
Vehículos Livianos			
Autos	162	23	56.08
Camionetas	241	34	
Pesado de Pasajeros			
Bus	9	1	1.74
Pesados de Carga			
Liv C2	9	1	4.97
C2	20	3	
Agrícola	7	1	
Total	719	100	100

Fuente: Elaboración propia

II – 5.5. Proyección del Tránsito de Diseño

Una vez calculado el tránsito inicial del proyecto, este lo proyectamos hacia el periodo de diseño de 15 años, con una tasa de crecimiento vehicular de diseño de 3%. (Ver tabla19, pág. 38).

II – 5.5.1. Factores de Distribución de Tránsito

- **Factor de Crecimiento (FC):** Este factor depende de tasa de crecimiento definida, en nuestro caso es de 3% y el periodo de diseño considerado para la estructura de pavimento que es de 15 años.

$$FC = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] * 365$$

Fórmula 3

Entonces el factor de crecimiento para el tramo en estudio es igual a:

$$Fc = \left[\frac{(1 + 0.03)^{15} - 1}{0.03} \right] * 365 = \mathbf{6788.60}$$

- **Factor Direccional (FD):** Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito desarrollado.

Según los datos del estudio de tránsito realizado por el consultor EDICRO, para el tramo en estudio presentan una distribución direccional equilibrada 50/50, esto significa que el flujo está distribuido equitativamente en ambos sentidos.

Tabla 17. Factor Direccional (FD)

Nº de Carriles en ambas direcciones	FD
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO – 1993

- **Factor Carril (Fc):** Se define por el carril de diseño aquel que recibe mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril, para el caso del tramo en estudio por ser de un solo carril por sentido dicho factor será igual a 1.

Tabla 18. Factor carril (Fc)

Nº de Carriles en una sola dirección	fc
1	1
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO – 1993

II – 5.6. Tránsito de Diseño (Td)

Definido como el número de vehículos que circulan en toda la vida útil del diseño del proyecto. Todo esto afectado directamente por: el factor de crecimiento, factor direccional, factor carril y el tránsito inicial.

$$T_D = TPDA * FC * FD * fc$$

Fórmula 4

Tabla 19. Tránsito de Diseño

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₅	FC	FD	fc	T _D	T _D (Red.)
Autos	162	6788.60	0.5	1	549876.89	549877
Cmta	241	6788.60	0.5	1	818026.73	818027
Micro Bus	3	6788.60	0.5	1	10182.905	10183
Bus	9	6788.60	0.5	1	30548.716	30549
Liv C2	9	6788.60	0.5	1	30548.716	30549
C2	20	6788.60	0.5	1	67886.036	67886
Agrícola	7	6788.60	0.5	1	23760.112	23760

Fuente: Elaboración propia

II – 6. Cálculo de Ejes Equivalentes de Diseño

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferentes peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se le transformara en un número de ejes equivalentes de 80 KN o 18 kip, por lo que se le denominará **“Equivalent Simple Axial Load”** o **ESAL's (Ejes Equivalentes)**.

Para realizar el cálculo del ESAL's de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circulan por el camino durante el período de diseño, (ver tabla 46, página XVI) y el factor de equivalencia de carga, para obtener dicho factor se considera una serviciabilidad final $P_t = 2.0$ que es el valor que se recomienda para de tránsito menor y un coeficiente estructural $SN = 5$. (Ver Tabla 47, 48 y 49 en anexos, pág. XVII, XVIII y XIX).

Tabla 20. Cálculo de ESAL's de Diseño

Tipo de Vehículo	Tipo de Eje	Peso por Eje (Lbs)	T _D	Factor ESAL's	ESAL's de Diseño
Automóvil	Simple	2200	549877	0.00038	208.95326
	Simple	2200		0.00038	208.95326
Cmta	Simple	2200	818027	0.00038	310.85026
	Simple	4400		0.0034	2781.2918
Micro-Bus	Simple	8800	10183	0.0502	511.1866
	Simple	17600		0.7618	7757.4094
Bus	Simple	11000	0.99	0.1265	0.125235
	Simple	22000		2.35	2.3265
Liv C2	Simple	8800	30549	0.0502	1533.5598
	Simple	17600		0.9206	28123.4094
C2	Simple	11000	67886	0.1265	8587.579
	Simple	22000		2.35	159532.1
Agrícola	Simple	11000	23760	0.1265	3005.64
	Tándem	36300		1.431	34000.56

Total ESAL's (Ejes equivalentes de 80 KN ó 18 Kips)*carril	246,564
---	----------------

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

**DISEÑO DE PAVIMENTO POR EL MÉTODO DE LA
AASHTO 93.**

DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO DE LA AASHTO 93.

Generalidades

En términos amplios, un pavimento articulado o compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos “flexibles” y pavimentos “rígidos”, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

La estabilidad de suelos por medio de ligantes hidráulicos (cemento Portland) permite que se obtengan materiales con capacidad de soporte suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como camiones o aeronaves.

El método de la AASHTO – 93 es el más utilizado en Nicaragua para el diseño de pavimentos flexibles y en nuestro caso un pavimento articulado se diseña como un pavimento flexible.

El diseño de pavimentos flexibles tiene como objetivo determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura o paquete estructural. Este diseño está basado en los estudios del tránsito y las propiedades físicas y mecánicas del suelo así como otras variables descritas en este capítulo.

III – 1. Variables de diseño

A continuación conoceremos las variables que se necesitan para el diseño del paquete estructural mediante el método AASHTO – 93.

III – 1.1. Variable en función del tránsito.

Esta variable fue analizada en el capítulo II de este trabajo, en resumen esta variable corresponde al tránsito que está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 kips, a esta

transformación se le denomina ESAL's y este es aplicado durante un determinado periodo de diseño del paquete estructural.

(Ver tabla 20, Pág.39).

III – 1.2. Confiabilidad (R)

Esta variable se refiere al grado de certidumbre que un dado diseño de paquete estructural puede llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones, la selección del nivel de confiabilidad está dictada por el uso esperado de este pavimento.

Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasará más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento. En base a lo dicho, hay un nivel de confiabilidad óptimo en el cual la suma de los costos iniciales y de mantenimiento da un mínimo.

Tabla 21. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO según tipos de caminos.

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rurales Interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de Pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

Por lo tanto para este tramo de carretera en estudio optaremos un nivel de confiabilidad recomendado por la AASHTO – 93 del 85% debido que es una colectora y se encuentra en una zona rural, este valor nos permitirá diseñar un pavimento con un nivel de confiabilidad optimo entre el costo inicial del proyecto y el mantenimiento del mismo.

III – 1.3 Desviación Estándar (S_0)

Esta variable está directamente relacionada con el nivel de confiabilidad (R) y las variaciones de comportamiento del pavimento y el tránsito del tramo en estudio. En este caso seleccionaremos un valor de S_0 que represente las condiciones particulares de nuestro diseño.

Se utilizaran los valores recomendados por la AASHTO - 93. Estos valores fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el AASHTO Road Test y en base a predicciones futuras de tránsito.

Tabla 22. Desviación estándar.

Condiciones de Diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35 pavimento rígido
	0.45 pavimento flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40 pavimento rígido
	0.49 pavimento flexible

Fuente: Libro de diseños para pavimentos. AASHTO 93. Tercera edición. Página 135.

Para el tramo de carretera en estudio asumiremos un valor de desviación estándar de 0.45, para el diseño de un pavimento flexible y una variación en la predicción del comportamiento de este pavimento sin errores en el tránsito.

III – 1.4Serviciabilidad (PSI)

La serviciabilidad de una carpeta de pavimento según la AASHTO – 93 se debe definir por la capacidad que posee esta carpeta de servir al tipo de tránsito para el cual está siendo diseñada, Así se tiene un índice de serviciabilidad presente “PSI” (present serviciability index) mediante el cual el pavimento es calificado entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfectas condiciones).

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_0)

El índice de serviciabilidad inicial, P_0 , es función del diseño de la carpeta de pavimento y de la calidad de la construcción del tramo de carretera, los valores que recomienda la AASHTO – 93 son:

$P_0 = 4.5$ Para Pavimentos Rígidos

$P_0 = 4.2$ Para Pavimentos Flexible

Para nuestro tramo en estudio seleccionaremos $P_0 = 4.2$ ya que estamos diseñando una estructura de pavimento flexible.

Índice de Serviciabilidad Final (P_t)

El índice de serviciabilidad final o terminal, P_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista, los valores que recomienda la AASHTO – 93 son:

$P_t = 2.5$ O más para caminos muy importantes

$P_t = 2.0$ Para caminos de menor tránsito

Para nuestro tramo en estudio seleccionaremos $P_t = 2.0$ ya que estamos diseñando un tramo de carretera con un tránsito menor.

Pérdida de Serviciabilidad Inicial (ΔPSI)

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la final. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Formula 5

ΔPSI = Pérdida Serviciabilidad

P_0 = Serviciabilidad Inicial

P_t = Serviciabilidad Final

Para el caso en estudio:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

Este será el valor seleccionado para el diseño del tramo de carretera en estudio.

III - 2. Propiedades de los Materiales

III – 2.1. CBR de Diseño

El CBR de diseño se obtiene mediante el método del Instituto del Asfalto para sub rasante.

Tabla 23. Valor percentil de resistencia de diseño.

Nivel de Transito	Valor Percentil para Diseño de Subrasante
< de 100,000 ESAL's	60
Entre 100,000 y 10.000,000 ESAL's	75
> de 10.000,000 ESAL's	87.5

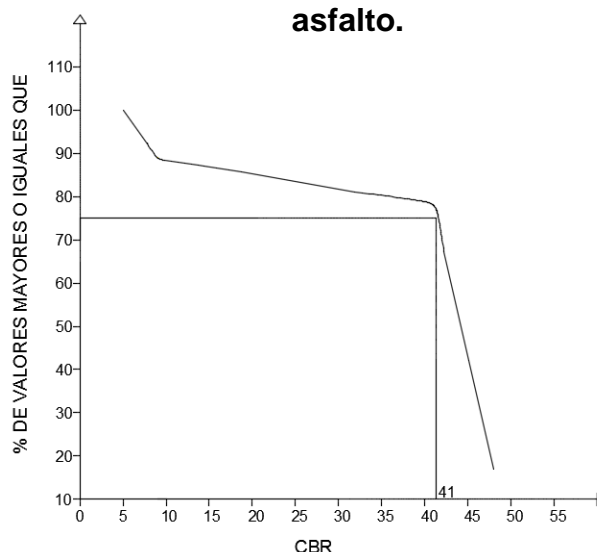
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991-SIECA Cáp. VII, pág. 29

Tabla 24. Cálculo del CBR de diseño.

CBR	Frecuencia	N° de Valores Mayores o Iguales que	% de Valores Mayores o Iguales
5	2	18	100
9	2	16	88.89
41	11	14	77.78
48	3	3	16.67
TOTAL	18		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Cálculo del CBR de diseño mediante el método del Instituto del asfalto.



Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el método del Instituto del Asfalto al tramo de carretera en estudio nos resultó un CBR del 41%, con un percentil del 75% según para valores de ESAL's entre 10,000 y 10.000,000.

III – 2.2. Módulo Resiliente o Elástico

El ensayo del módulo resiliente fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas. Una rueda que se mueve imparte un pulso comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas. Una rueda que se mueve imparte un pulso dinámico a todas las capas del pavimento y a la subrasante. Como respuesta a este pulso dinámico, cada capa de pavimento sufre una deflexión.

III – 2.3. Módulo Resiliente o Elástico de la Subrasante

El método de la AASHTO – 93 usa los valores medios de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a la subrasante, ya que la incertidumbre de la confiabilidad (R) debe tomarse en cuenta.

Para el tramo de carretera en estudio el CBR de diseño de los materiales existentes y a una profundidad de 30cm a más, nos da 41%.

$$\text{CBR} < 10 \quad MR(PSI) = 1500 * CBR \quad \text{Fórmula 6}$$

$$\text{CBR} > 20 \quad MR(PSI) = 4326 * \ln CBR + 241 \quad \text{Fórmula 7}$$

Para nuestro caso ;

$$MR (Psi) = 4326 * \ln 41 + 241$$

$$MR = 16,305.9 \text{ Psi} = \mathbf{16,306 \text{ Psi}}$$

III – 2.4. Módulo Resiliente o Elástico de la Base.

El módulo resiliente de la capa de base tratada con cemento (Mr) se determina con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 7 días de edad de este material, este resultado es 21 Kg/cm² (298.74 lbs/pulg² – 2059.43 kN/m²), con este dato utilizamos el nomograma y nos resulta un módulo resiliente para esta base de Mr = 5.6x10⁵ psi. (Ver Gráfico 4 en anexos, pág. XX).

III – 2.5. Coeficientes de Capas

El método en estudio asigna a cada capa del paquete estructural un coeficiente de capa (ai), estos son de gran importancia para la solución del diseño de pavimento flexible y son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante ello, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.

III – 2.6. Coeficiente Estructural de la Capa de Rodamiento a_1 (Adoquín de concreto)

El coeficiente de la capa de adoquín $a_1 = 0.45$ es determinado por medio del Manual Centroamericano para el diseño de Pavimento (SIECA) Cap. 7, pág. 107.

III – 2.7. Coeficiente estructural para la base tratada con cemento a_2

El coeficiente de la capa de base tratada con cemento a_2 se determina con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 7 días de edad de este material que es 21 Kg/cm^2 ($298.74 \text{ lbs/pulg}^2 - 2059.43 \text{ KN/m}^2$), con este dato utilizamos el nomograma y nos resulta un $a_2 = 0.14$.

III –3. Drenaje (m_i)

La presencia del agua es muy perjudicial para los pavimentos, la humedad tiene una gran influencia sobre las propiedades de los materiales que constituyen el paquete estructural y sobre el comportamiento de los pavimentos en general.

La presencia del agua juega un papel tan importante que el método **A.A.S.H.T.O.86** incorporaba un coeficiente de drenaje en la ecuación de diseño, que afectaba a base y sub base, las problemáticas inminentes en que se traduce la no consideración de la capacidad de evacuación de los fluidos por su superficie, son la migración de partículas de suelo creando problemas de erosión, ablandamiento de la Sub-rasante cuando esta se satura y permanece saturada durante un periodo prologados.

Para el tramo en estudio utilizaremos los coeficientes de drenaje recomendados por la AASHTO – 93, cabe destacar que el coeficiente de drenaje m_i será utilizado para el cálculo del número estructural y por ende para determinar de la estimación del espesor de la capa de base del paquete estructural.

El drenaje propuesto en el tramo de estudio será $m_i = 1.00$, ya que se construirá un drenaje de regular calidad, este implica remover la humedad al 50% de saturación en 1 semana y al 85% de saturación entre 10 a 15 horas. (Ver Tabla 50 y Tabla 51 EN ANEXOS, pág. XX y pág. XXI).

III – 4. Determinación del Espesor de las Capas del Pavimento Flexible.

Para la determinación de los espesores de las capas del paquete estructural utilizaremos el método de la AASHTO – 93 y el software “Pavement and Analysis (Versión 3.3).

III – 4.1. Método de la AASHTO – 93.

Este método plantea la utilización de una fórmula para despejar el SN y recomienda también la utilización de un nomograma que implica todas las variables que hemos estudiado en este diseño.

III – 4.1.1. Fórmula para diseño

Para la determinación de los espesores el método de la AASHTO – 93 propone utilizar la siguiente fórmula.

$$\log W_{18} = Z_r S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\frac{\log(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde;

Fórmula 8

W18: Número de cargas de ejes equivalentes de 18 kips (80 KN), calculadas conforme al tránsito vehicular.

Zr: Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución), correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

So: Desviación estándar de todas las variables.

ΔPSI: Perdida de serviciabilidad.

Mr: Módulo de resiliencia de la sub rasante.

SN: Número estructural.

Tablas 25. Datos del tramo de carretera en estudio.

Variables del Diseño	Valores
Ejes Equivalentes (ESAL's o W ₁₈)	246,564
Confiabilidad (R)	85%
Desviación Estándar (S ₀)	0.45
Serviciabilidad (P ₀)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2
Perdida de Servicios (ΔPSI)	2.2
Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)	16,306 psi
Módulo Resiliente de la Base (Mr)	5.6x10 ⁵ psi
Coeficiente de Capa adoquín a ₁	0.45
Coeficiente de Capa Base a ₂	0.14
Drenaje m _i	1

III – 4.1.2.Resultados

Con los datos antes determinado para este tramo en estudio se procede a calcular el SN por medio del nomograma que recomienda la AASHTO – 93, donde se tiene que el SN = 2.05(Ver Gráfico 5 en anexos, pág. XXII).

Donde;

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3...$$

Fórmula 9

a₁, a₂, a₃ = Coeficiente de capa

m₁, m₂, m₃ = Coeficiente de drenaje

D₁, D₂, D₃ = Espesores de capa, en pulgadas

Sustituyendo valores en la formula;

$$2.05 = 0.45 (4) + 0.14 (1) D_2$$

$$0.14 D_2 = 2.05 - 1.8$$

$$D_2 = 0.25 / 0.14$$

$$D_2 = 1.79 \text{ pulg.}$$

Verificamos en la fórmula del número estructural;

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2$$

$$2.05 = 0.45 (4) + 0.14 (1.79)$$

$$2.05 = 2.05 \text{ OK}$$

Con esta verificación hacemos constar que el cálculo del número estructura se encuentra bien realizada por el método de la AASHTO – 93.

En relación a los rangos del número ESAL's tenemos definidos por la norma AASHTO 93 los espesores mínimos para capa de base granular.

Tabla 26. Espesores Mínimos en pulgadas recomendados por la norma AASHTO-93

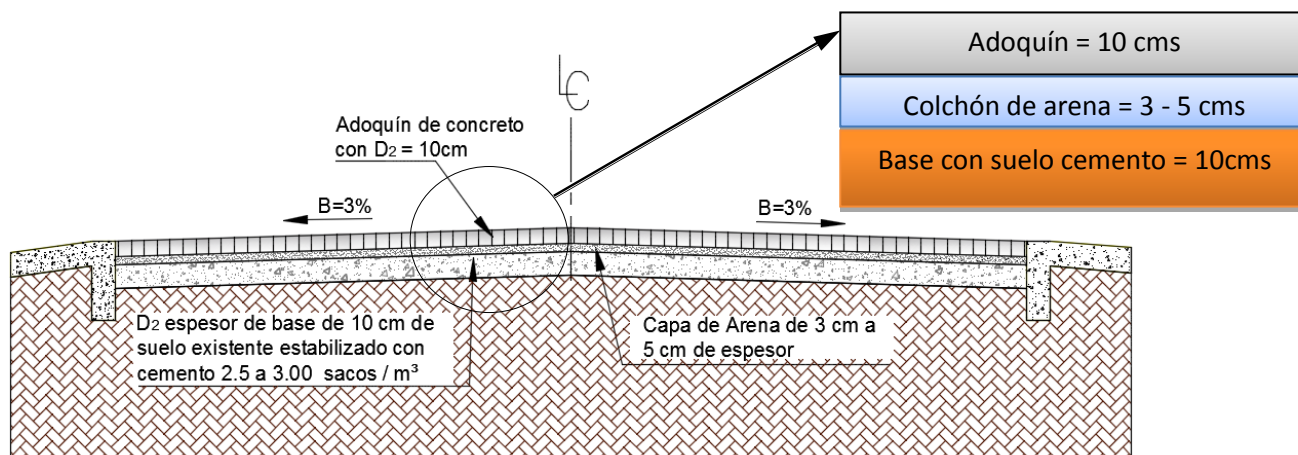
Número ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	1.0	4.0
50,001 < 150,000	2.0	4.0
150,001 < 500,000	2.5	4.0
500,001 < 2,000,000	3.0	6.0
2,000,001 < 7,000,000	3.5	6.0
Más de 7,000,000	4.5	6.0

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, ASSHTO – 1993

Debido a estas recomendaciones de la norma AASHTO 93 se define en 4 pulgadas el espesor de la capa de base granular para efectos de cálculos y verificación que el SN requerido sea menor que el SN calculado al correr el software **“Pavement and Analysis (Versión 3.3, 1988).**

En la gráfica representamos el paquete estructural propuesto para el tramo de carretera en estudio.

III – 4.1.3. Esquema del Paquete Estructural Propuesto



Fuente: Elaboración Propia

III – 4.1.4. Método del software “Pavement and Analysis (Versión 3.3, 1988).

El programa consiste en dos etapas fundamentales.

- Determinación del número estructural (SN) requerido por medio del análisis de los materiales existentes en el tramo, mediante la solución de la AASHTO 93.
- Se basa en la determinación de un SN de los materiales propuestos y el software automáticamente compara si el SN requerido es menor que el calculado para conocer si el paquete estructural es la correcta.

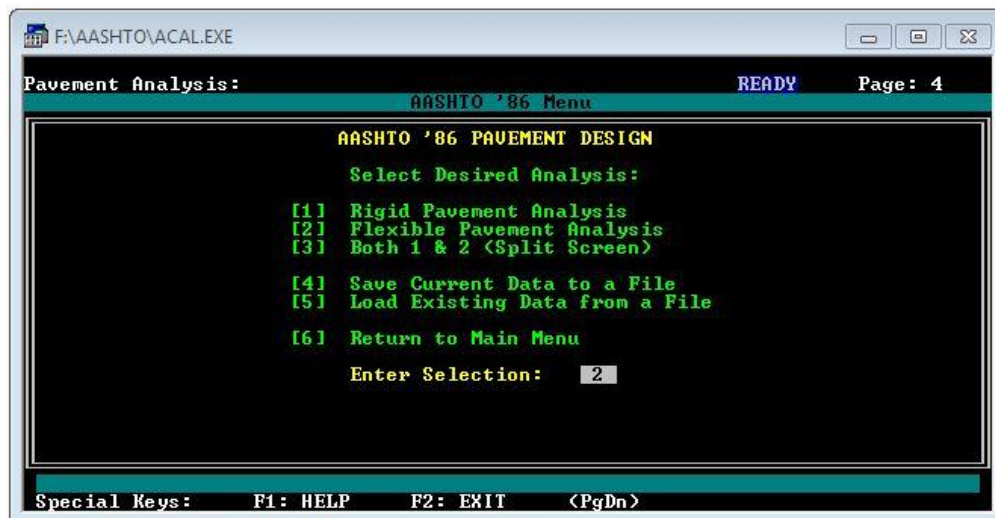
Tabla 27. Datos del tramo de carretera en estudio.

Variables del Diseño	Valores
Ejes Equivalentes (ESAL's o W ₁₈)	246,564
Confiabilidad (R)	85%
Desviación Estándar (S ₀)	0.45
Serviciabilidad (P ₀)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2
Perdida de Servicios (ΔPSI)	2.2
Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)	16,306 psi
Módulo Resiliente de la Base (Mr)	5.6x10 ⁵ psi
Coeficiente de Capa adoquín a ₁	0.45
Coeficiente de Capa Base a ₂	0.14
Drenaje m _i	1

III – 5.Introducción de los datos al Software.

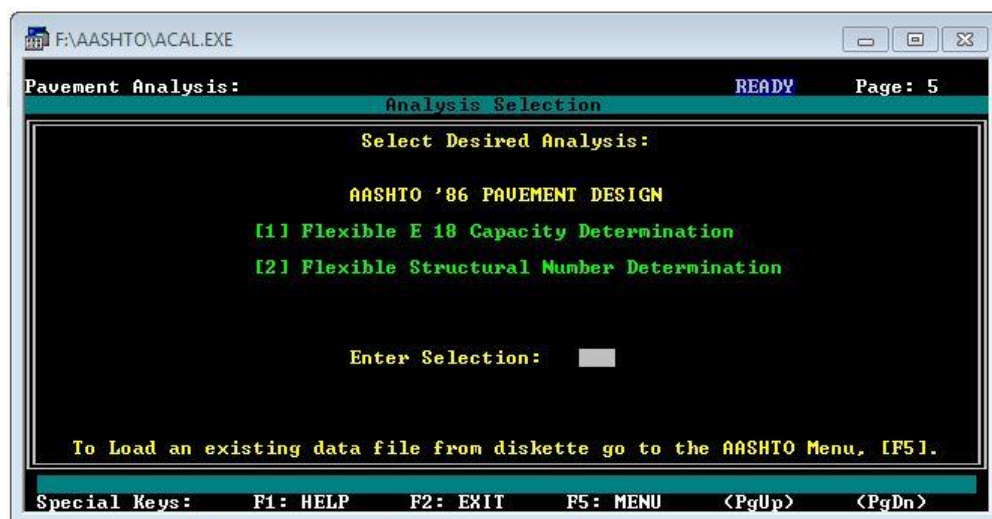
III – 5.1. Selección del análisis a realizar

En esta parte se selecciona el tipo de análisis que va a realizar, para el caso en estudio seleccionamos la opción [2], para el diseño de Pavimento Flexible.



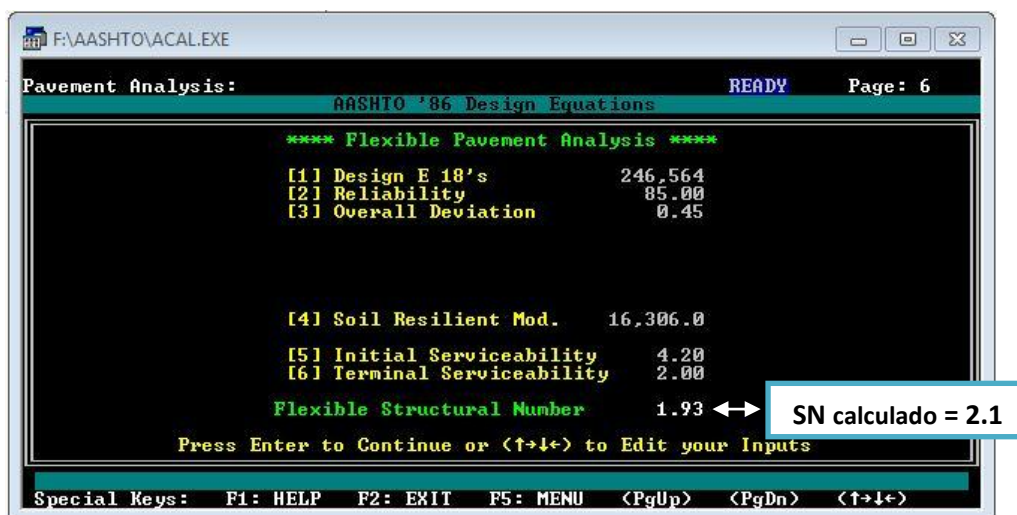
III – 5.2. Selección de la variable a encontrar.

Aquí se elige la variable que se desea encontrar ya sea el ESAL's o el Numero estructural (SN), para el caso en estudio seleccionamos el número estructural (SN) como variable a encontrar.



III – 5.3. Insertar datos para el SN requerido

Se proceda a insertar los datos requeridos por el programa. Estos ya han sido previamente encontrados y son necesarios para determinar el número estructural.

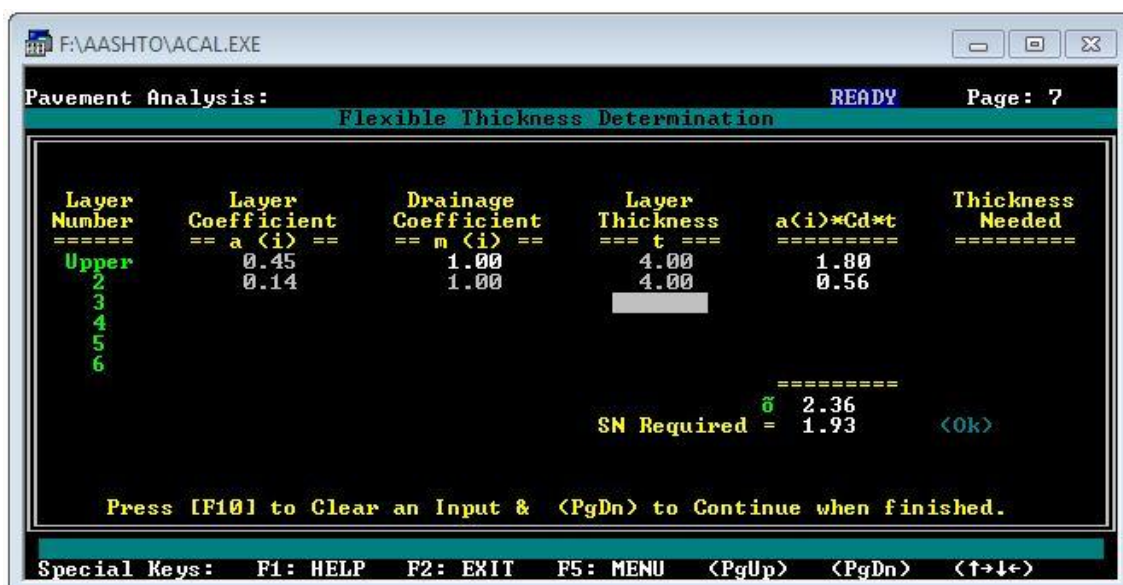


Al hacer la comparación del número estructural requerido encontrado por medio del grafico AASHTO – 93 y el número estructural requerido que dio el programa, podemos constatar que son similares.

III – 5.4. Insertar datos para el SN propuesto

Insertamos los datos requeridos como: Coeficiente estructural del adoquín, coeficiente estructural de base, coeficiente de drenaje, espesor del adoquín y espesor de la base estabilizada.

Se origina el resultado del SN propuesto por los materiales que conformaran el paquete estructural y se comparan con el SN requerido, como el propuesto es mayor que el requerido, el programa acepta estos resultados como satisfactorios para el diseño del tramo en estudio.



CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Generalidades

Todo proyecto de construcción genera un impacto ambiental que no puede tomarse desapercibido, en el mejoramiento de carretera hay impactos positivos y negativos, en relación a los positivos definimos que son los factores de desarrollo notables en la obra, mientras que los negativos tratan de la posible afectación que se le da al medio ambiente.

Se realiza una descripción general del área de influencia del proyecto en estudio, se identifican los principales impactos negativos por la actuación de las actividades de mejoramiento que se le realizara a este tramo de carretera y se establecen las medidas ambientales, tanto preventivas como de mitigación pertinentes a dichos impactos. Además se ha considerado el aspecto social y la presentación de los Planes de Manejo Ambiental solicitados.

Se debe señalar que el impacto social, identificado con la actuación, está referido a una posible inconformidad que pudiera generarse con propietarios de las áreas donde se encuentran los Bancos de Materiales del tramo de carretera en estudio.

Se deberá Identificar y predecir los efectos ambientales que se ocasionen por la estabilización del tramo de carretera El Arrayán – Ciudad Antigua para evaluar las diversas actividades del proyecto a fin de minimizar las repercusiones ambientales negativas y potenciar las positivas, se propondrán alternativas viables de acuerdo a los efectos negativos identificados, seres humanos, flora, fauna, suelo, aire, agua, clima para elaborar un plan de gestión ambiental que sea capaz de solucionar la problemática identificada para el desarrollo de la estabilización en el tramo de carretera.

IV – 1. Límites del Área de Influencia

Esta área de influencia está definida por el área donde las acciones de construcción impactan de una manera directa, así como aquellas áreas que por su cercanía se ven afectadas o beneficiadas indirectamente.

Al delimitar el área de influencia, se debe analizar la intensidad de los efectos producidos y si su afectación es directa o indirecta. De ahí surgen dos términos importantes en la elaboración de este estudio de impacto ambiental que es: Área de Influencia Directa y Área de Influencia Indirecta.

IV – 1.1. - Área de influencia Directa. (Ver mapa 3 en anexos pág. XXIII).

Es la zona hasta donde llegaran los efectos ambientales producidos por el impacto (Ver mapa 4, en anexos Pág. XXIV). Generalmente se define en el contexto regional. Para la definición del área de influencia Indirecta se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Lugares donde probablemente ocurrirán impacto socioeconómicos.
- Dinámicas sociales, administrativas y políticas.
- Zona en la que se manifiestan los impactos ambientales indirectos, es decir aquellos que ocurren en un sitio diferente a donde se produjo la acción generador del impacto ambiental.

El Área de Influencia Indirecta para el tramo de carretera en estudio (AII) es a partir del límite del AID se determina el área de influencia indirecta de 215.54 Km². Esta área AII se define como el área sujeta a los impactos indirectos del proyecto, y abarcan una región geográfica más extensa cuyas poblaciones, actividades económicas y servicios sociales y de infraestructura serán impactados positivamente por el proyecto desde el punto de vista de los beneficios directos ambientales y sociales y mejora en la fluidez del tráfico, y la comercialización de los productos del sector agrícolas y ganadería que produce la zona.

Los principales poblados del área de influencia indirecta: Santa Rosa, Salamají, El Rancho, Apatique, La Jagua, Ramas, La Quesera, la Tablazón, Empalme Al Limón, San José del Guineo, La Fortuna, La Tablazón, Los Pinares, Ramos, Lugar Zapote Prieto, Valle Magdalena, La Magdalena, Potrerillos, Hermógenes. Principales ríos La Cuñas, Salamají, La Cuchara, Casilí, La Jagua, El Hornito, Achuapa, El Sonzapote, La Guaruma.

Los impactos en su mayoría son los que produce el proyecto en su etapa de ejecución, es debido a las actividades del proyecto como es el movimiento de tierra, drenaje, explotación de bancos de materiales, instalación de campamentos y planteles, extracción de aguas, producción de materiales de excedentes de la construcción, desechos sólidos y líquidos etc.

IV – 1.2. Área de Influencia Indirecta.

Es la zona hasta donde llegaran los efectos ambientales producidos por el impacto (Ver mapa 4, en anexos Pág. XXIV). Generalmente se define en el contexto regional. Para la definición del área de influencia Indirecta se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Lugares donde probablemente ocurrirán impacto socioeconómicos.
- Dinámicas sociales, administrativas y políticas.
- Zona en la que se manifiestan los impactos ambientales indirectos, es decir aquellos que ocurren en un sitio diferente a donde se produjo la acción generador del impacto ambiental.

El Área de Influencia Indirecta para el tramo de carretera en estudio (AII) es a partir del límite del AID se determina el área de influencia indirecta de 215.54 Km². Esta área AII se define como el área sujeta a los impactos indirectos del proyecto, y abarcan una región geográfica más extensa cuyas poblaciones, actividades económicas y servicios sociales y de infraestructura serán impactados positivamente por el proyecto desde el punto de vista de los beneficios directos ambientales y sociales y mejora en la fluidez del tráfico, y la comercialización de los productos del sector agrícolas y ganadería que produce la zona.

Los principales poblados del área de influencia indirecta: Santa Rosa, Salamají, El Rancho, Apatique, La Jagua, Ramas, La Quesera, la Tablazón, Empalme Al Limón, San José del Guineo, La Fortuna, La Tablazón, Los Pinares, Ramos, Lugar Zapote Prieto, Valle Magdalena, La Magdalena, Potrerillos, Hermógenes. Principales ríos La Cuñas, Salamají, La Cuchara, Casilí, La Jagua, El Hornito, Achuapa, El Sonzapote, La Guaruma.

Los impactos en su mayoría son los que produce el proyecto en su etapa de ejecución, es debido a las actividades del proyecto como es el movimiento de tierra, drenaje, explotación de bancos de materiales, instalación de campamentos y planteles, extracción de aguas, producción de materiales de excedentes de la construcción, desechos sólidos y líquidos etc.

IV – 2. Descripción del Área de Influencia.

Es un camino que actualmente se encuentra en condiciones regulares siendo una vía de acceso de intercomunicación de varias comunidades, es una carretera de todo tiempo. En la actualidad, el camino necesita de la estabilización para permitir el libre acceso del tráfico, y al mismo tiempo evitar que la erosión hídrica por efecto de las precipitaciones incida negativamente en el socavamiento del suelo debido a la falta de un buen drenaje en la carretera.

Sobresalen en su área de influencia alturas topográficas que permiten tener una percepción visual agradable del paisaje por sus características naturales de la vegetación.

Ciudad Antigua está entre los municipios con mejor uso de la tierra (71.4%). El río San Fernando cruza el municipio con 1.15 MMC con potencial regable de 38.3 mz. Menos del 60% de su población total cuenta con servicio de agua potable predominando los puestos y pozos públicos.

La sobreutilización de los suelos, al igual que en los otros sectores, se debe a la utilización de prácticas agropecuarias en áreas de vocación forestal.

Sin embargo los procesos de erosión hídrica que se registran, son menores al contar con suelos menos escarpados con pendientes menos pronunciadas y suelos más profundos.

El municipio posee un 73% de su área con potencial productivo especialmente en coníferas y café. Presenta las mejores condiciones físico-naturales para el desarrollo de la actividad agropecuaria y forestal. De hecho los mayores aportes agropecuarios de la región, provienen de este sector. Sin embargo no existe una correspondencia con el nivel de infraestructura y servicios en atención a la producción, la cual más bien es procesada en los centros localizados en el sector Oeste.

IV – 2.1. Geomorfología

El valle Ocotil-San Fernando se distribuye paralelamente a la cordillera de Dipilto entre los 600 y 700 m.s.n.m. constituido por depósitos de detritos granoidíticos, se distribuye alargadamente en una superficie de 15,125 ha. que representa el 2.2 % de la región. Presenta un clima seco y posee un territorio topográficamente semi-quebrado, no se encuentran elevaciones mayores de 1,000 metros sobre el nivel del mar.

IV – 2.3. Suelos

El tramo atraviesa un área predominantemente de inceptisoles. Son suelos que presentan un grado de evolución incipiente, con un perfil de tipo A-B-C. Se caracterizan por presentar un epipediónmólico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte B cámbico. (Ver mapa III en anexos, Pág. XXVI).

IV – 2.4. Clima

En cuanto a rango de altitud (500 a 700 m.s.n.m.), de precipitación (800 a 1,200 mm/año), régimen de temperatura (22 a 24 °C), y transcurso de precipitación (mayo a octubre), pero con la presencia de un período canicular acentuado. Se correlaciona con la zona de vida de Bosque Seco Subtropical

IV – 2.5. Vegetación

La región presenta vocación forestal aunque muchas áreas se encuentran descubiertas de vegetación boscosa debido a la intervención humana como respuesta a las necesidades básicas de subsistencia. Se identificaron en la región cinco grandes grupos de vegetación natural: Bosques de Conífera, Bosques Latifoliado, Bosques mixtos, Vegetación Arbustiva y Herbácea, Cultivos de ciclo cortos y largo.

IV – 2.6. Biodiversidad

IV – 2.6.1 Flora

La flora del municipio de Ciudad Antigua cuenta con variedades de madera como el guanacaste, laurel, cedro, cortés, caoba entre otros, también pueden observarse grandes extensiones de vegetación y matorrales. El árbol departamental es el ocote (*Pinusoocarpa*).

IV – 2.6.2. Fauna

En el municipio de Ciudad Antigua existen animales silvestres de considerables tamaños entre los que podemos mencionar el puma, dantos y venados, también encontramos conejos, tigrillos, garrobos, zorros, ardillas, se localiza gran variedad de aves (chorchas, palomas azulonas, clarines, pájaros carpinteros, pericos, pijules, zanates y otros) y reptiles.

IV – 2.8. Áreas Protegidas

CORDILLERA DIPILTO Y JALAPA

Ubicación: Municipio de Dipilto y San Fernando. Departamento de Nueva Segovia.

Área: 31,315 ha.

Categoría de manejo declarada: Área Natural Protegida de Interés Nacional.

Decreto Creador: Decreto # 42-91 Declaración de Áreas Protegidas en varios Cerros Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del país.

La Gaceta, 04 de noviembre de 1991. (Ver mapa 4 en anexos, Pág. XXIV).

IV – 2.9. Aspectos Socio-económicos

IV - 2.9.1. Población

La población total del municipio de Ciudad Antigua es de 6,908 habitantes (según estimaciones del Censo Nacional al 2005)

- Población urbana: 2,093 habitantes (30.3%).
- Población rural: 4,814 habitantes (69.70%).

Tabla 28. Población analfabeta.

Municipio	Población	Analfabetas		
	Total	%	Urbano	Rural
Ciudad Antigua	8,862	34.4	22.8	39.7

Fuente: Censo poblacional INIDE 2005

IV - 2.9.2. Educación

El municipio de Ciudad Antigua cuenta con 11 centros de educación primaria, 3 centros con educación primaria completa, se atienden 6 preescolares comunitarios y un preescolar formal en la escuela base, se cuenta con un total de 25 aulas.

El personal docente es de 32 profesores, actualmente se atienden 895 alumnos de primero a sexto grado, 44 alumnos de primero a segundo año de educación secundaria los estudiantes están organizados a través de los gobiernos estudiantiles electos democráticamente por las asambleas de estudiantes.

Problemas del Sector

- La comunidad de la Magdalena no cuenta con escuela.
- En comunidades no se imparte primaria completa.

IV - 2.9.3. Salud

Este sector funciona con serias limitaciones presupuestarias incidiendo en una baja calidad del servicio como baja remuneración del personal médico, carencia de equipos adecuados y medicamentos.

El municipio de CIUDAD ANTIGUA cuenta con un puesto de salud que atiende al sector urbano y las comunidades de Las Jaguas, Magdalena, El Mojón, El Carrizal, Apatiqui, cuenta con los servicios de 2 médicos, 2 enfermeras auxiliares y personal de apoyo permanente (9 parteras, 28 Brigadistas y 7 colaboradores voluntarios).

El Ministerio de Salud en coordinación con la alcaldía realizan Jornadas de Limpieza y Fumigación en el casco urbano. Las Comunidades que son atendidas por parte del Ministerio de Salud son visitadas para realizar consultas médicas (control del niño, embarazos, jornadas de vacunación). Existen en algunas comunidades casas bases que se han construido con esfuerzo de las comunidades, ADRA, Alcaldía, SAS.

Problemas del Sector

Las comunidades El Limón, El Zapote, Las Garcias, El Aradito, Apalí, El Guineo, no reciben atención adecuada ya que no son atendidas por el MINSA del municipio de CIUDAD ANTIGUA.

El puesto de salud de CIUDAD ANTIGUA no reúne las condiciones mínimas para una mejor atención a la población.

IV – 2.9.4.-Servicios Básicos

Los municipios del área de influencia del proyecto cuentan con los siguientes servicios básicos:

IV – 2.9.4.1.-Sistema de Energía Eléctrica

El municipio de Mozonte cuenta con servicio domiciliario de energía eléctrica la cual se retroalimenta por la planta eléctrica de Santa Clara, cuya administración está a cargo de ENEL.

De acuerdo a los datos estadísticos del municipio de CIUDAD ANTIGUA el 31 % de la población cuenta con servicio de energía eléctrica, esta es retroalimentada por medio del circuito de la sub-estación de Santa Clara-San Fernando.

IV – 2.9.4.2. -Sistema de agua y Alcantarillado Sanitario

Se cuenta con una red amplia de abastecimiento de agua potable por medio de mini acueductos rurales que se encuentran ubicado en las siguientes comunidades de El Zapote, El Quebracho, Apamiguel, Yaraje, Las Cruces, Quisulí Arriba, San Antonio, La Ceiba, Cuyal, El Caracol Limón, El Cacao y el MOZONTE, este último cuenta con una bomba potabilizadora.

El resto de comunidades se abastecen de quebradas o manantiales, lo que provoca en la población constantes enfermedades infecciosas como diarreas, cólera, manchas en la piel, etc.

CIUDAD ANTIGUA cuenta con servicio de distribución de agua no potable cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), este servicio cubre el 83% de las viviendas del casco urbano a través de 200 conexiones domiciliarias. El sector rural se abastece a través de ríos y pozos ubicados en algunas comunidades.

En el municipio no existe sistema de alcantarillado sanitario, el medio utilizado por la población es la letrina tradicional de la que disponen el 80% de las viviendas.

IV – 2.9.5. Tenencia de la Tierra

La situación legal en esta región, como en otros sectores de Nicaragua, es conflictiva debido a los cambios múltiples que muchas fincas han sufrido tanto de tamaños como dueños.

Se estima en la región de Nueva Segovia que de 20,814 productores agropecuarios; 10,718 tienen títulos, 3,817 no tienen título y ocupan la tierra de forma ilegal, 2,729 alquilan o arriendan tierras y 3,550 de productores son miembros de cooperativas.

Tabla 29. Tenencia de tierra.

Departamento	Total de Productores	Con Título	Sin Título	Alquilan o rentan	En Cooperativas
Nueva Segovia	20,814	10,718	3,817	2,729	3,550

Fuente: Elaboración propia en base a los datos SISCOM/MAS 1996.

IV – 2.9.6 Actividad productiva de la zona

CIUDAD ANTIGUA es uno de los municipios más pobres del país, del total de la población económicamente activa solo el 5% tienen trabajos permanentes en las instituciones del estado, el resto de la población trabaja de manera temporal en los cortes de café, siembra del maíz y frijol, algunos trabajan como jornaleros y comerciantes.

Para los meses de noviembre a enero hay fuentes de trabajo para unas 60 personas en su mayoría mujeres en el Beneficio de Pedro Ortiz del municipio de San Fernando.

El municipio de CIUDAD ANTIGUA cuenta con comunidades de potencial económico, la comunidad El Carrizal que se encuentra en el límite de CIUDAD ANTIGUA y Telpaneca, tiene gran capacidad de producción de café el que es comercializado entre estos 2 municipios.

IV – 3. Actividades de la Obra que Producen un Impacto Ambiental

IV – 3.1 Movilización y desmovilización

La maquinaria y equipo de construcción que se utilizará en la ejecución de la obra, será trasladada. Aquí se incluye entrada, movimiento interno y salida de la zona del proyecto.

Tabla 30. Equipo básico requerido para la ejecución del proyecto de estabilización.

DESCRIPCIÓN
1 Tractor D-8 ó D-155
1 Tractor D-6
1 Motoniveladora
4 Camiones y Volquetes
2 Cisternas de Agua.
1 Compactadoras Lisas
2 Compactadoras manual
1 (1.5m ³) Mezcladora de Hormigón.
Cortadora de Adoquines.

Fuente: Maquinaria propuesta por empresa consultora EDICRO S.A.

IV – 3.2. Campamentos

Para iniciar el proyecto y alojar el personal de trabajo, así como poder tener un espacio para el estacionamiento de maquinarias y equipos es de suma importancia la construcción de campamentos temporales, los cuales incluyen, oficinas del área de ingeniería, bodega, parqueo para el mantenimiento de las maquinarias y construcción de servicios sanitarios (letrinas).

IV – 3.3. - Estabilización de la calzada

En el tramo El Arrayán – Ciudad Antigua será estabilizada la cantidad de 2,821.00 m³ para mejorar las propiedades de los materiales nativos. Se estima que se utilizarán entre 2.5 y 3 sacos de 42.5 kg de cemento por cada m³ estabilizado. El material estabilizado será la base sobre la cual será colocado el pavimento de adoquines de concreto, los cuales, como ya se dijo antes, serán confinados, en ambos lados, mediante bordillos de concreto de confinamiento de 0.15 x 0.5 m.

IV – 3.4. Pavimento de adoquines

El tramo será pavimentado con adoquines de concreto con un total de 21,702.00 m². Los adoquines de concreto tendrán una resistencia a la compresión de 3,500 libras/pulgada cuadrada, y serán colocados en la forma dicha anteriormente.

IV – 3.5. Obras de drenaje menor

Esta actividad consiste en la construcción de obras para proteger la vía de inundaciones y escorrentías durante el período de lluvias. Esta obra realizará la limpieza, reparación, remoción y sustitución de alcantarillas y construcción de cabezales de alcantarillas. También desarrollará la construcción y revestimiento de cunetas, cauces y obras de protección contra la erosión así como la construcción de vados con o sin alcantarillas en los cruces de los cursos de agua.

IV – 3.6. Corte en el banco

Todo el material adecuado extraído de la excavación se utilizará hasta donde sea factible en la construcción de terraplenes, acondicionamiento de la superficie, hombros, taludes, capas de sub-base y base y rellenos de estructura. Se removerá en esta actividad la cantidad de 4,500m³ en los bancos de préstamos.

IV – 3.7. Señalización horizontal y vertical

Esta actividad incluye la señalización vertical y horizontal en el camino mediante marcas de tránsito a los lados del camino, de acuerdo a las especificaciones y de conformidad con las ubicaciones, dimensiones y diseños que figuren en los respectivos planos.

IV – 3.8. Excavación en la vía

La excavación en la vía comprende la excavación, acarreo, en una distancia no mayor a los 600 m, y el uso del material en la construcción de terraplenes del camino conforme lo indique y lo ordene el ingeniero. Comprende además excavación de los materiales en la línea, y su uso en la

construcción de terraplenes, también todo volumen de excavación ejecutado cuyo material resultante no sea utilizado en ningún tipo de obra.

Debido a las características de este proyecto se calcula la excavación en la vía de 2,256 m³.

IV – 4. Metodología para la determinación del tipo de impacto.

IV – 4.1. Instrumento utilizado

Para la identificación de los impactos generados por el proyecto se utilizó la matriz de Leopold adecuada a la obra, tomando en cuenta la guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental de Conesa Vítora, considerando las actividades de la obra en las columnas y los factores ambientales a afectar en las filas. Luego se les dará valores con el signo negativo donde se considera que éste provoca un impacto negativo en el medio ambiente o sea donde no ocurrirá impactos y con signo positivo donde se considera aquellos impactos reales; merece la pena destacar que en los factores donde las acciones y/o componentes del proyecto no afecten, estos quedarán sin ningún valor para que no favorezcan o desfavorezcan a ningún factor independiente.

IV – 4.1.1.Matriz causa – efecto

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO: ADOQUINADO ARRAYAN-CIUDAD ANTIGUA

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS										
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN								
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO								
		Movilización y Desmovilización	Campamentos.	Movimiento de tierra.	Obras de Drenaje menor.	Estabilización de la calzada.	Pavimento de adoquines.	Corte en el Banco	Señalización horizontal y vertical.	Tramo en operaciones.
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
CLIMA	M1									
CALIDAD DEL AIRE	M2									
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3									
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4									
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5									
SUELO	M6									
VEGETACION	M7									
FAUNA	M8									
PAISAJE	M9									
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10									
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11									
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12									
ACUEDUCTO	M13									
ALCANTARILLADO	M14									
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15									
HABITAT HUMANO	M16									
ESPACIOS PUBLICOS	M17									
PAISAJE URBANO	M18									
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19									
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20									
SALUD	M21									
CALIDAD DE VIDA	M22									
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23									
VULNERABILIDAD	M24									
ECONOMIA	M25									
RELACIONES DEPENDENCIA	M26									
FUENTES ENERGETICAS	M27									

Impacto positivo  Impacto Negativo 

Fuente: Elaboración propia.

IV – 4.1.2. Matriz de Importancia

Valora los impactos durante el funcionamiento del proyecto (horizonte de vida del proyecto) y cierre.

Existen algunos impactos generados por la puesta en marcha del proyecto (obra concluida) y como resultado de esto, dichos impactos no pueden ser identificados durante las actividades de estabilización.

En este acápite se realizará una matriz de importancia que consiste en realizar una valoración cualitativa de los impactos identificados, cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, dará una idea de cada efecto de cada acción sobre el factor ambiental. Esta matriz de importancia es basada en la matriz causa – efecto, donde se sustituyen las acciones por resultados en valores obtenidos de la matriz anterior.

Esta matriz se valorará de acuerdo a criterio propio del especialista, y del nivel de impacto.

La matriz de ponderación de impacto se muestra en la Tabla 52 en anexos, pág. XXVI.

MATRIZ DE IMPORTANCIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO: ARRAYAN- CIUDAD ANTIGUA													
MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS												M003	
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		M000											
		ETAPA: CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL TRAMO ADOQUINADO											
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO											
		Movilización y Desmovilización.	Campamentos.	Movimiento de tierra.	Obras de Drenaje menor.	Estabilización de la calzada.	Pavimento de adoquines.	Corte en el Banco	Señalización horizontal y vertical.	Tramo en operaciones.	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9			
CLIMA	M1	31		15				26		26	98	400	25
CALIDAD DEL AIRE	M2	29	22	27		24			32	32	166	600	28
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3		25	31		33		33	21	31	174	600	29
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4		16	22				48			86	300	29
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5			18	38						56	200	28
SUELO	M6		30	22	31	57		50			190	300	63
VEGETACION	M7	31	19	24		35		33	17		159	600	27
FAUNA	M8		20	30				33	15		98	400	25
PAISAJE	M9		16	28				26	25		95	400	24
RELACIONES ECOLOGICAS	M10		16	34				25			75	300	25
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11	20	15								35	200	18
TRANSPORTE	M12	26		27		22					75	300	25
ACUEDUCTO	M13										0	0	0

ALCANTARILLADO	M14										0	0	100
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15		22								22	100	22
HABITAT	M16		15								15	100	15
ESPACIOS PUBLICOS	M17	20	16								36	200	18
PAISAJE URBANO	M18					36					36	100	36
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19		15								15	100	15
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20	22	19					15			56	300	19
SALUD	M21	19	19	25		21		27	14		125	600	21
CALIDAD DE VIDA	M22							14			14	100	14
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23		20								20	100	20
VULNERABILIDAD	M24	18		21			23				62	300	21
ECONOMIA	M25										0	0	0
RELACIONES DEPENDENCIA	M26		20								20	100	20
FUENTES ENERGETICAS	M27										0	0	0
Valor Medio de Importancia	25												
Dispersión Típica	9												
Rango de Discriminación	16												
Valor de la Alteración	216	325	324	69	228	23	330	124	89	1728			
Máximo Valor de Alteración	900	1700	1300	200	700	100	1100	600	300		6700		
Grado de Alteración	24	19	25	35	33	23	30	21	30			26	

CRITICO (76-100)
 SEVERO (51-75)
 MODERADO (26-50)
 COMPATIBLE (0-25)

IV – 5. IMPACTOS Y MEDIDAS AMBIENTALES

IV – 5.1. Movilización y Desmovilización

Impacto esperado.

Los impactos negativos de esta actividad, se resume en los aspectos de seguridad de tráfico, seguridad peatonal, contaminación del aire, la vegetación y la salud de los trabajadores.

Medida Ambiental

Para la prevención de los impactos ambientales negativos se pueden evitar siguiendo las siguientes recomendaciones:

Se debe señalar mediante rótulos que sean visibles en luz diurna y nocturna, la existencia de operaciones de maquinaria pesada sobre la vía, para que los usuarios tomen las medidas correspondientes.

La Maquinaria después de las 6 P.M. deberán encontrarse en un sitio de estacionamiento fuera de la vía, este sitio debe contener las señalizaciones respectivas.

El límite de velocidad en las cercanías de las áreas habitadas será de 20 Km/h.

IV – 5.2. Campamentos

Impacto Esperado.

Contaminación con los desechos humanos (excretas). Esta contaminación podría ser al recurso hídrico. También en estos campamentos se dan afectaciones al clima, la vegetación, fauna, paisaje, así como la geología y geomorfología del suelo por el mal manejo de lubricantes.

Riesgos a la Salud Humana, debido a un mal manejo de los alimentos en el área de cocina y/o comedores, los cuales son vitales para el desempeño de los obreros.

Medida Ambiental

Para que brinden el impacto esperado, los campamentos deben estar ubicados a por lo menos a 1 km, del perímetro poblacional, en estos campamentos deberá manejarse extinguidores en caso de incendios y botiquín de primeros auxilios para brindar asistencia inmediata en caso de emergencia.

Los dormitorios para los obreros que residan en los campamentos deberán construirse con suficiente área de ventanas y ventilación, los pisos deberán ser de un material que facilite la limpieza.

Los desechos provenientes del mantenimiento de los vehículos, maquinaria y equipos, deben ser colectados en recipientes (barriles) herméticos, para su posterior eliminación fuera del área.

IV – 5.3. Movimiento de Tierra.

Impacto esperado

Por tratarse de un camino existente, las excavaciones son de menor cuantía, y el paisaje no sufrirá alteraciones de consideración.

La salud humana puede ser afectada por los ruidos y vibraciones que ocasionarán las maquinarias en la vía también afectara a la fauna silvestre aledaña al tramo.

Durante la construcción, la calidad del aire se verá afectada por el incremento de las partículas de polvo disueltas en el ambiente, lo cual podría ocasionar daños a la salud de los pobladores y trabajadores.

Las aguas superficiales pueden afectarse en su calidad por la presencia de material disuelto y arrastrado por las escorrentías.

Medida Ambiental

Se deberá aplicar riego continuo y constantes en las áreas donde se presenten los movimientos de tierra y exista una comunidad de habitantes.

A los obreros se les debe garantizar los instrumentos adecuados de protección como; chalecos reflectivos, casco, gafas, botas y guantes, para evitar accidentes en las operaciones.

Para reducir el ruido generado por la maquinaria es necesario que su estado mecánico sea óptimo.

Utilizar gaviones o muros, como estructuras de contención para la estabilización de deslizamientos y las superficies de taludes, protegiéndolos de las fuerzas de la erosión.

IV – 5.4. Obras de Drenaje Menor

Impacto Esperado

Producto de las altas precipitaciones en la zona del proyecto, la calidad del agua superficial (Ríos y Quebradas), se verá comprometida debido al incremento de disponibilidad de material sedimentable que se tienen que extraer en algunos estacionamientos, además existen numerosas alcantarillas que poseen escorrentía permanente, que es ideal para el arrastre.

También las aguas subterráneas reciben afectación mediante esta actividad por las perforaciones realizadas en la corteza.

Medida Ambiental

Para que el material particulado disuelto no incida en la salud, se deberá regar con camión cisterna constantemente en las áreas donde exista núcleo poblacional.

Se debe colocar rótulos preventivos, de color Naranja brillante 100 metros previos al estacionamiento donde se está trabajando.

Para asegurar la vida útil de la obra deberá restaurarse la vegetación con el objetivo de reducir la socavación.

IV – 5.5. Estabilización de la calzada

Impacto Esperado

En esta actividad se espera la afectación en el suelo como principal factor del medio ya que será estabilizado con aditivos como cemento portland, también viene afectando la salud de las personas.

Las maniobras de las maquinarias, el ruido, las vibraciones junto con la emisión de gas que despliegan afectaran al aire, vegetación, paisaje y todo entorno cercano a la zona de trabajo.

Medida Ambiental

Para contrarrestar las partículas del suelo disuelta en el aire se deberá regar agua periódicamente.

Los operarios juntos a los ayudantes deberán vestir chalecos reflectivos, cascos, botas y mascarillas para evitar un contagio o intoxicación mediante las partículas que se desprenden en el aire de los aditivos utilizados en la calzada.

IV – 5.6. Pavimento de adoquines

Impacto esperado

Generación de material de desecho, causando desprendimiento de partículas afectando el aire y su entorno.

Vulnerabilidad en los trabajadores en el manejo de los adoquines de concretos. Incertidumbre para transitar cuando se está dando esta actividad.

Medida ambiental

Ningún material sobrante deberá ser desperdiciado en bancos de préstamos, cunetas o arroyos. Estos serán ubicados en los sitios de depósitos establecidos en el estudio. Los trabajadores encargados de la actividad deberán seguir las orientaciones brindadas por el ingeniero residente de la obra. Distribuir el material de construcción en un área amplia.

Se deberán crear carriles alternos para no obstaculizar el tránsito.

IV – 5.7. Corte en el banco

Impacto esperado

La capa vegetal será dañada, en los sitios donde están ubicados los bancos de materiales.

Afectación a los diversos ecosistemas existentes en el área de cortes.

La fauna silvestre existente en los bancos de materiales puede verse afectada por el ruido que ocasionarán las maquinas.

La calidad del aire se verá afectada por el incremento de las partículas en el ambiente, perjudicando la salud de los operadores.

Medidas ambientales en el Banco

La ubicación de los bancos de materiales no debe quedar en lugares expuestos que dificulten las siembras de recursos naturales para contrarrestar la afectación en el predio.

La tierra vegetal de los bancos de materiales nuevos, será extraída completamente de cualquier área designada hasta la profundidad de 15 cm de espesor.

A todos los bancos de préstamo se les construirán drenajes adecuados para que durante su explotación y al concluirla se evite la acumulación de agua que pueda inhibir el crecimiento de la cobertura vegetal.

IV – 5.8. Señalización Horizontal y Vertical de Tránsito

Impacto esperado

Generalmente está presente el riesgo de accidente en perjuicio de los obreros al realizar esta fase de la construcción, debido a que es una de las últimas operaciones que se hacen y ya la carretera presta las condiciones adecuadas para el desplazamiento de vehículos a altas velocidades.

Puede darse el caso que debido a una mala manipulación del equipo de aplicación de la pintura, ocasione una contaminación química al trabajador como al suelo y agua mediante el derramamiento.

Medida ambiental

Se debe considerar las medidas necesarias de seguridad tales como: señalizaciones preventivas, Uniformes adecuados.

Los líquidos provenientes de la operación de mantenimiento del equipo deben ser recuperados e introducidos en recipientes herméticos.

A los obreros encargados del rayado, se les debe de dotar del equipo de seguridad respectivo tales como (mascarillas, guantes, uniformes).

IV – 5.9. Tramo en Operaciones

Impacto esperado

De acuerdo al trazado de la carretera, está pasa por varios centros poblados que podrían verse afectados por la generación del ruido, afectándose el sistema nervioso central del ser humano.

Algunas escuelas que están a orillas de la carretera podrían ser los principales afectados en esta actividad.

Medida ambiental

Una de las correcciones comunes que se hacen, para contrarrestar el ruido es la construcción de los caballones de tierra, utilizando los sobrantes de los movimientos de tierra, el cual se le recubre de vegetación para evitar la erosión que lo desgaste, haciendo inservible en poco tiempo.

Colocar señales de tránsito en los puntos más críticos del tramo para evitar así accidentes automovilísticos.

Construir vados en lugares más poblados con el objetivo que los vehículos reduzcan la velocidad.

CONCLUSIONES

Los materiales analizados en los posibles bancos de préstamos para su utilización como material granular para base y sub base no obtuvieron la suficiente calidad para cumplir las normas NIC 2000 y ASSHTO 93, pero, el material encontrado sobre el tramo en estudio como rasante existente, según los estudios de laboratorios cumplieron con las normas antes mencionadas para utilizarlo como material de base para estabilizar con cemento.

El posible banco de préstamo de arena estudiado, cumplió con las respectivas normas de diseño, para que este pueda ser utilizado como lecho de arena para la colocación del adoquín. Cabe destacar que este lecho no tiene ninguna función estructural para el paquete de rodamiento del tramo en estudio.

Se escarificará y disgregará los primeros 10 cm de material existente en el tramo, se eliminara las partículas mayores a 40 mm y se agregaran 3 sacos de cemento de 42.5 kg para lograr una resistencia de 21 kg/cm² a los 7 días de edad.

Es importante destacar que las correlaciones realizadas entre las tasas de crecimiento, se llevaron a cabo dentro de un marco lógico por su posible dependencia una con la otra, donde se seleccionó como tasa de crecimiento para el tramo en estudio el 3%, esta provino del crecimiento económico versus el crecimiento de la población, por presentar valores porcentuales similares.

El dato del TPD optado en este proyecto, fue brindado por la empresa consultora EDICRO, donde en el año 2010 hizo el conteo vehicular del tramo sin adoquín, resultando un tránsito promedio de 508 vpd y proyectados al 2015 se obtiene 719 vehículos por día, afectados por sus factores de ajustes y expansión.

En este mismo año 2015, ya adoquinado, se realizó un nuevo conteo vehicular en el mismo tramo, para efectos de comparación, arrojando un tránsito de 792 vehículos por día, lo que implica que la variación de vehículos entre lo proyectado y lo calculado en el campo, es irrelevante. Dando como

positivo las fórmulas usadas, juntos a los factores para las respectivas proyecciones que se realizan en el tránsito. (Ver tabla 52 de conteo vehicular 2015 en anexos, pág. XXV)

Analizados y encontrados los datos necesarios para el diseño de espesor de base tratada con cemento, se procedió a encontrar este espesor por dos métodos distintos, primero entrando a la gráfica de la AASHTO – 93, resultando $SN = 2.05$ y segundo utilizando el Software Pavement Analysis versión 3.3 resultando $SN = 1.93$, estos resultados son satisfactorios, por su rango de similitud.

El espesor de la capa de base granular tratada con cemento (d_2) resulto de 2" luego de despejar de la fórmula del número estructural, pero, se trabajó con un espesor de 4", cumpliendo con las recomendaciones estipuladas sobre espesores mínimos en la norma AASHTO 93.

Los espesores de capa para carpeta de rodamiento y base estabilizada con cemento por ambos método manual y por medio del software resultó:

10 cm para carpeta de adoquín. (Constante) y 10 cm para carpeta de base con material existente en la rasante del tramo en estudio estabilizado con cemento.

Una vez desglosando todas las actividades se definen los impactos positivos y negativos del proyecto, analizando específicamente los negativos por su afectación directa o indirecta.

El impacto ambiental que ocasionará este proyecto según el estudio realizado por medio de la utilización de las matrices de Leopold (Causa – Efecto), se tiene como resultado un impacto considerable, es decir el proyecto es viable y las afectaciones ocasionadas durante su ejecución y una vez quedando en operaciones serán superadas a corto plazo.

Las afectaciones fueron mínimas debido a que ya existía una carretera de todo tiempo, lo que favorece a realizar menor movimiento de tierra para su ejecución.

RECOMENDACIONES

En el presente documento se han hecho diferentes estudios y análisis que nos permiten dar recomendaciones para los capítulos que conforman el proyecto.

- Se deberá realizar la prueba de laboratorio para control de calidad y compactación, garantizando precisión cuando se realice la mezcla entre el material existente en la rasante del tramo en estudio y el cemento tipo portland para estabilizarlo, con el objetivo que se verifique sus propiedades a lo largo del tramo y resistencia a la compresión.
- Teniendo el conocimiento de las tasas variables de crecimiento, es válido hacer correlaciones entre ellas para globalizar una sola tasa dependiente de las otras, que represente el crecimiento o decrecimiento de las proyecciones del tránsito.
- El espesor del paquete estructural resulto de 10 cms para la capa de rodamiento adoquín tipo tráfico (constante) y 10 cms para base estabilizada con cemento, sin embargo, se debe compactar la subrasante propuesta para mejorar sus propiedades.
- El material de banco analizado para lecho de arena, el cual se pretende utilizar en el pavimento articulado, no deberá contener ningún tipo de material contaminante, como es el caso de las arcillas. Así mismo al emplearlo se deberá eliminar el sobre tamaño, es decir, eliminar todas las partículas mayores a 4.75 mm (Tamiz N° 4).
- En el caso de estudio ambiental es de suma importancia tomar en cuenta las medidas de mitigación del proyecto y no obviarlas debido a que para cada una de ellas se ha realizado un estudio previo del impacto que genera para la sociedad, los seres vivos y el ambiente en general.

BIBLIOGRAFIA

- AASHTO (1993), Diseño de Pavimentos.
- Conesa Fernández, Vicente-Vítora, (2010), *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 4ta Edición.
- Crespo Villalaz, Carlos. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.
- Instituto del asfalto (MS-1) 1991
- Juárez B. (2005). *Mecánica de suelos*, México: Limusa
- Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales, SIECA. (2002)
- Montejo Fonseca, Alfonso. (1998). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, Tomo I, segunda edición.

Otros documentos:

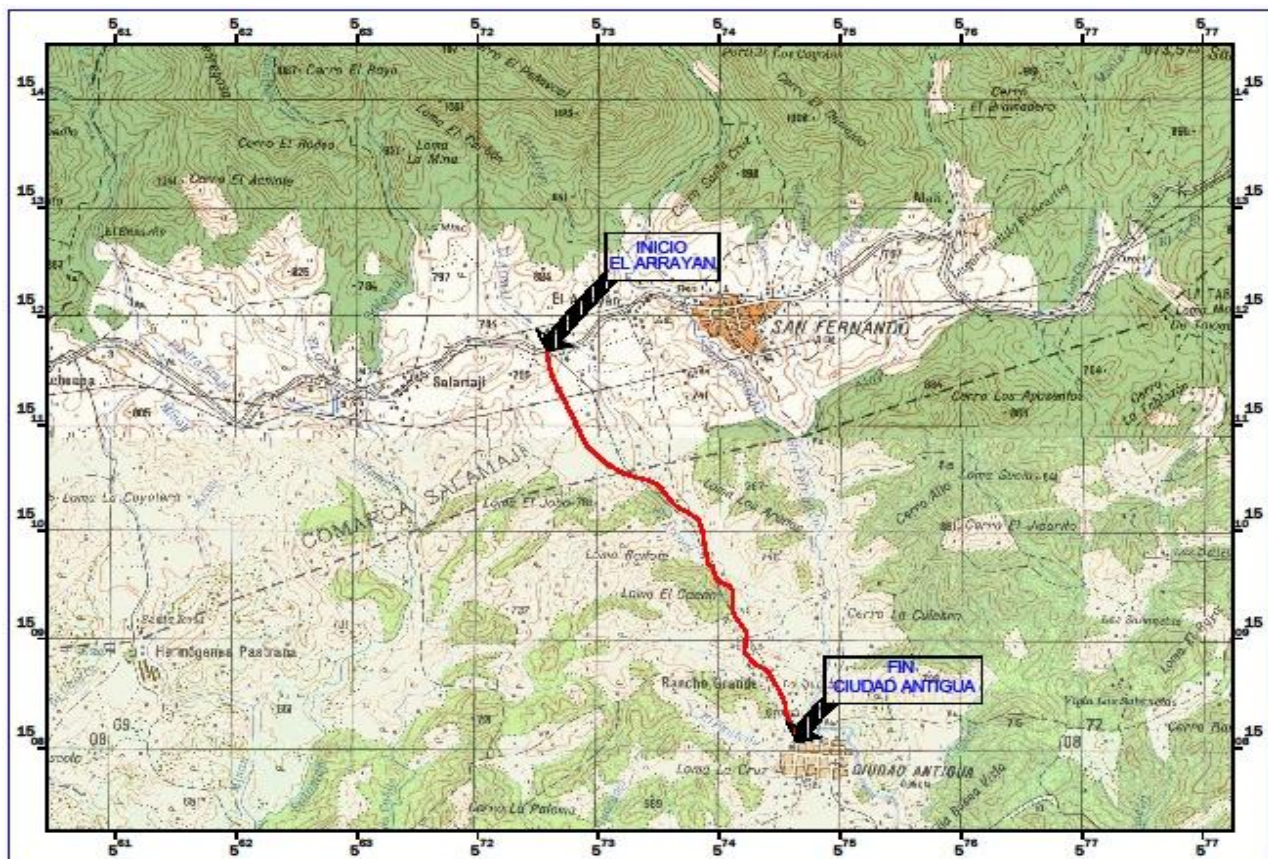
- Alcaldía municipal del municipio de Ciudad Antigua, Área de dirección de obras Públicas.
- EDICRO. (2010), Consultoría y formulación del Tramo de Carretera Empalme El Arrayán – Ciudad Antigua.
- MARENA (1997). *Las Direcciones del MARENA como parte del sistema de permiso y evaluación de Impacto Ambiental. Reglamento Interno*, Managua, Nicaragua.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura, (2010 y 2013), *Anuarios de aforo de tráfico publicaciones*.
- Sitio web URL, [http:// www.bcn.gob.ni](http://www.bcn.gob.ni). Banco central de Nicaragua.
- Sitio web URL, [http:// www.inide.gob.ni](http://www.inide.gob.ni). Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

ANEXOS

Mapa 1. Macro-localización del proyecto



Mapa 2. Micro-localización del proyecto



ANEXOS DEL CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELO

Tabla 31. Módulo de reacción del suelo.

C.B.R	Clasificación
0-5	Subrasante muy mala
5-10	Subrasante mala
10-20	Subrasante regular a buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	Base Buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Mecánica de suelos, Crespo Villalaz, pág. 113

Propiedades de la Sub Rasante

Agregados para el mejoramiento de la Subrasante, el material estará constituido por partículas duras y durables, o fragmentos de escoria, piedra o grava, cribadas o trituradas al tamaño y graduación que se requieren. A la vista, el material estará exento de materia vegetal y de terrones de arcilla, y debe satisfacer los requisitos de cualquiera de las graduaciones que se muestran en el cuadro 1003-10, según se establezca en las CEC y/o el pliego de licitación.

Tabla 32. Requisitos Graduación de Agregados para el Mejoramiento de la Subrasante.

Designación del tamiz (mm)	Porcentajes en peso que pasan por tamices de mallas cuadradas según AASHTO T27		
	A	B	C
75	100	-	-
37.5	-	100	-
25	-	-	100
4.75	30-70	30-70	40-80
75µm	0-15	0-15	5-20

La porción del material que pase por el tamiz 4.25 µm, debe tener un Límite Líquido máximo de 30 y Índice de Plasticidad no mayor de 6, determinado por el ensaye AASHTO T-90.

Fuente: Nic-2000, Sección 1003-10, página 528.

Tabla 33. Suelo para sub – base estabilizada mecánicamente.

Requisitos de los materiales.	
Sub-base (Incluyendo material estabilizado mecánicamente)	
La graduación y demás requisitos, después de la colocación y compactación del material, se ajustarán a lo siguiente:	
Gravas:	
Tamaño máximo.....	75 mm
Índice de plasticidad.....	15 máx.
Arenas, limo y arena arcillosa:	
- % que pasa el tamiz de 2 mm.....	95.0 máx.
- % que pasa el tamiz de 0.075 mm.....	10.0 mín.-30.0 máx.
- Índice de plasticidad.....	mín. 5-12 máx.
- Límite Líquido.....	máx. 35%
Para todos los materiales:	
- Coeficiente de uniformidad.....	mín. 5
- *Módulo de plasticidad.....	máx. 250
- CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación.....	mín. 40%
- 10% de finos (Húmedo).....	mín. 50 kN
Nota: "Módulo de plasticidad"= Índice de plasticidad x % de finos que pasa el tamiz de 0.425 mm.	
La graduación del material, después de su colocación y compactación, deberá ser una curva suave que esté dentro la envolvente del cuadro 1003-12 y sea aproximadamente paralela a ella:	

Tabla 34. Graduación de la Grava Natural^(f)

Tamaño del tamiz (Milímetros)	Porcentaje en peso que pasa	
	Tipo 1	Tipo 2
75	100	100
37.5	80-100	80-100
20	60-85	75-100
10	45-70	45-90
5	30-55	30-75
2	20-45	20-50
0.425	8-26	8-33
0.075	5-15	5-22

Fuente: Nic-2000, Sección 1003, página 530.

Tabla 35. Base (Incluyendo material estabilizado mecánicamente)

Los requisitos que debe cumplir el material, después de colocado y compactado, son los siguientes:

	Tipo 1	Tipo 2
Graduación	Cuadro 1003.10	Cuadro 1003.10
- Desgaste, Los Ángeles	máx. 50%	máx. 50%
- Valor de la trituración del agregado (ASTM D 2940-71 T)	máx. 35%	máx. 35%
- Índice de plasticidad	máx. 10%	máx. 15%
- Módulo de plasticidad	máx. 200	máx. 400
- CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación	mín. 80%	mín. 60%
- 10% de finos (Húmedo)	mín. 50 kN	mín. 50 kN

Fuente: Nic-2000, Sección 1003, página 531.

El tipo 2 se usa solamente para acabado superficial y cuando los niveles de tráfico no exceden de 300 ejes equivalentes estándar (EE) (8200 kg) por día.

Tabla 36. Suelos para base tratada con cemento.

Gravas y Arenas Gruesas arcillosas:

- Tamaño máximo.....2 – 40 mm
- % que pasa el tamiz de 0.075 mm.....máx 35%
- Coeficiente de uniformidad.....máx. 10
- Índice de plasticidad.....máx. 25%
- Módulo de plasticidad
 - Método de mezcla in situ.....máx. 1500
 - Método de planta estacio.....máx. 700
- CBR a 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación.....mín. 30%

Después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, 1800 kN/m², medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación en el sitio, con mezcla compactada al 95% de AASHTO Modificada (AASHTO T 180) y el material tratado deberá tener un Índice de Plasticidad menor de 6 y un Módulo de Plasticidad menor de 250.

Fuente: Nic-2000, Sección 1003.23, sección d, página 531, 532.

Tabla 37. Criterios de espaciamiento para sondeos de línea.

Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos		
Tipo de zona	Espaciamiento (m)	Profundidad (m)
Carreteras	250 – 500	1.50
Pistas de aterrizaje	A lo largo de la línea central, 60 – 70 m.	Cortes: 3m debajo de la rasante. Rellenos: 3m debajo de la superficie existente del suelo.
Otras áreas pavimentadas.	1 perforación cada 1.000 m ²	Cortes: 3m debajo de la rasante Rellenos: 3m debajo de la superficie existente del suelo.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras, Alfonso Montejó Fonseca (pág. 61)

TABLA 38. RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

FECHA: Noviembre de 2002
HOJA No. 1

PROYECTO : **Arrayán-Ciudad Antigua**
SONDEOS : **MANUALES**

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.1									
0+020	2.0 izq	0-150	1	86	57	19	11	23	4	28	41	A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
				SONDEO No.2									
0+250	1.50 der	0-10	2	92	77	30	8	20	1			A-1-b(0)	Arena Limosa
		10-30	3	89	62	23	9	21	5			A-1-b(0)	Arena Limosa
		30-150	4	84	61	25	17	31	14			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con grava
				SONDEO No.3									
0+500	1.20 izq	0-10	=2	92	77	30	8	20	1			A-1-b(0)	Arena Limosa
		10-120	=1	86	57	19	11	23	4	28	41	A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		120-150	=4	84	61	25	17	31	14			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
				SONDEO No.4									
0+750	1.70 der	0-12	=2	92	77	30	8	20	1			A-1-b(0)	Arena Limosa
		12-60	=1	86	57	19	11	23	4	28	41	A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		60-150	5	93	71	39	29	46	20			A-2-7(2)	Arena Arcillosa
OBSERVACIONES:													

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

TABLA 39. RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

FECHA: Noviembre de 2002

HOJA No. 2

PROYECTO : **Arrayán-Ciudad Antigua**
 SONDEOS : **MANUALES**

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.5									
1+000	1.70 izq	0-20	6	87	68	33	17	-	NP			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		20-90	=1	86	57	19	11	23	4	28	41	A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		90-150	=4	84	61	25	15	31	14			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
				SONDEO No.6									
1+250	.150 der	0-10	=6	87	68	33	17	-	NP			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		10-90	=4	84	61	25	15	31	14			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con grava
		90-150	=1	86	57	19	11	23	4	28	41	A-1-b(0)	Arena Limosa con grava
				SONDEO No.7									
1+500	1.80 izq	0-12	7	64	50	29	21	27	8			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		12-35	=6	87	68	33	17	-	NP			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		35-150	8	67	43	19	15	40	23			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
OBSERVACIONES:													

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

TABLA 40. RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

FECHA: Noviembre de 2002

HOJA No. 3

PROYECTO : **Arrayán-Ciudad Antigua**
 SONDEOS : **MANUALES**

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.8									
1+750	1.50 der	0-25	9	83	66	37	25	25	5			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		25-55	10	78	60	33	22	22	5			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		55-100	11	94	87	71	40	23	3			A-4(1)	Limo Arenoso con Grava
		100-150	12	67	47	13	4	-	NP			A-1-a(0)	Arena Limosa con Grava
				SONDEO No.9									
2+000	1.70 der	0-8	13	65	51	27	16	20	1	41	55	A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		8-150	14	83	69	23	11	22	5	37	48	A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
				SONDEEO No.10									
2+250	1.70 izq	0-10	15	87	70	38	22	25	7			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		10-150	=14	83	69	23	11	22	5	37	48	A-1-b(0)	Arena Limosa
				SONDEO No.11									
2+500	1.80 der	0-12	=15	87	70	38	22	25	7			A-2-4(0)	Arenas Limosas con Grava
		12-35	17	78	60	28	14	22	5			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		35-150	18	74	57	25	18	-	NP			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
OBSERVACIONES:													

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

TABLA 41. RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

FECHA: Noviembre 2002

HOJA No. 4

PROYECTO : **Arrayán-Ciudad Antigua**
 SONDEOS : **MANUALES**

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.12									
2+750	1.70 izq	0-100	19	67	59	45	39	47	19			A-7-6(3)	Arcilla con Grava
		100-+	-	Roca (Esquisto)									
				SONDEO No.13									
3+000	2.0 der	0-50	20	71	58	37	28	32	9			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		50-+		Roca (Esquisto)									
				SONDEO No.14									
3+250	1.80 Izq	0-8	21	64	54	36	27	31	10			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		8-18	22	72	61	38	28	38	13			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
		18-50	23	73	64	48	39	37	11			A-6(1)	Arcilla Arenosa con Grava
		50-150	24	61	50	32	26	40	15			A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
				SONDEO No.15									
3+500	1.80 der	0-15	=21	64	54	36	27	31	10			A-2-4(0)	Arena Limosa con Grava
		15-150	25	67	63	56	53	55	35			A-7-6(13)	Arcilla con Grava
OBSERVACIONES:													

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

TABLA 42. RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

FECHA: Noviembre de 2002
HOJA No. 5

PROYECTO : **Arrayán-Ciudad Antigua**
SONDEOS : **MANUALES**

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
				SONDEO No.16									
3+750	2.0 Izq	0-20	26	79	69	59	55	56	23			A-7-5(11)	Arcilla con Grava
		20-150	27	71	62	48	43	50	21			A-7-6(5)	Arcilla con Grava
				SONDEO No.17									
4+000	2.0 izq	0-60	28	67	63	53	46	42	18	3	5	A-7-6(5)	Arcilla con Grava
		60-150	29	67	57	38	30	40	18	7	9	A-2-6(1)	Arena Arcillosa con Grava
				SONDEO No.18									
4+250	2.0 der	0-20	30	89	76	50	38	24	5			A-4(3)	Limo Arenoso
		20-85	31	85	63	31	22	21	4			A-1-b(0)	Arena Limosa con Grava
		85-150	32	69	53	30	23	32	15			A-2-6(1)	Arena Arcillosa con Grava
OBSERVACIONES:													

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

Gráfico 2. Ubicación de banco Ciudad Antigua

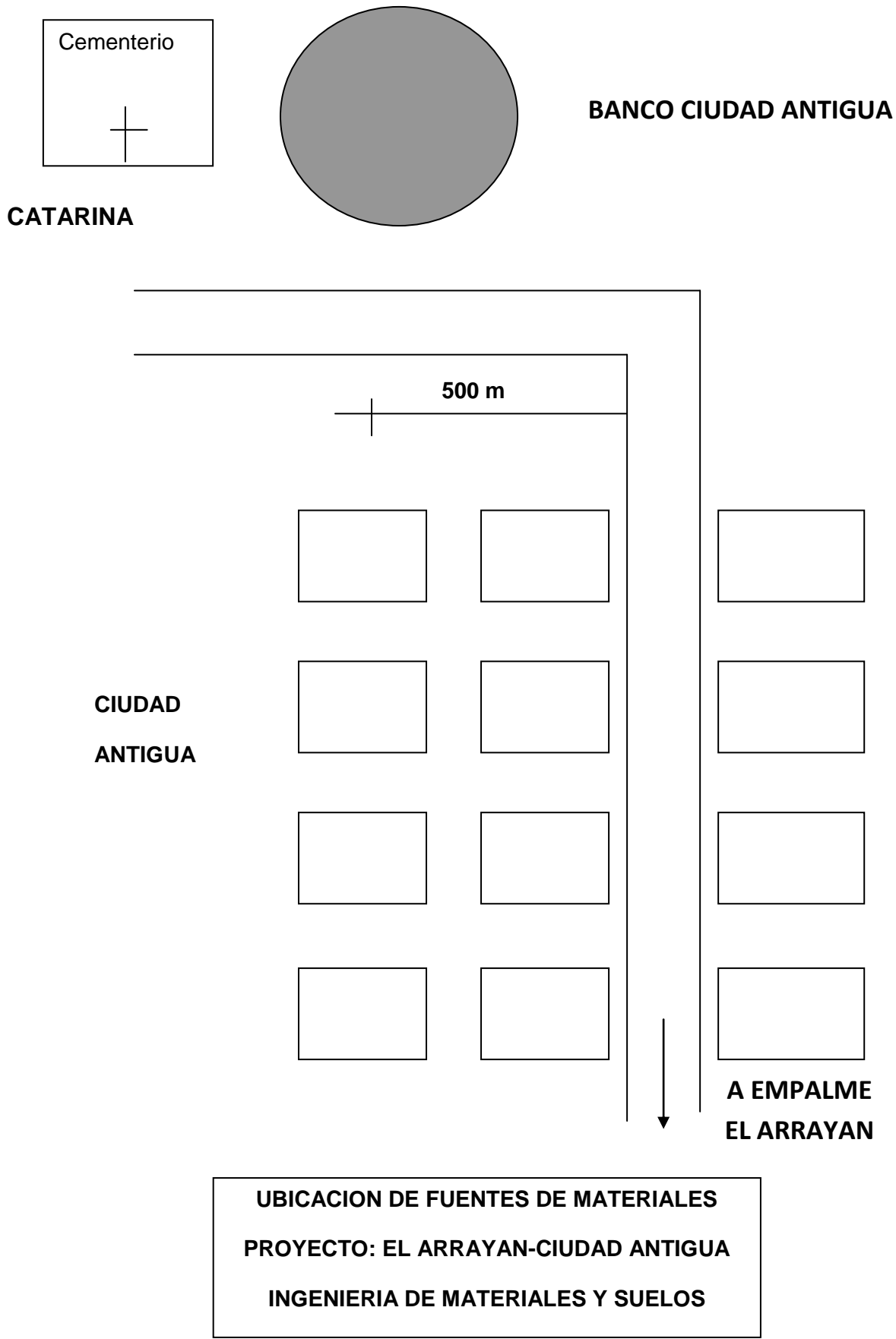


TABLA 43. INFORME DE ENSAYES DE SUELOS

PROYECTO: El Arrayán-Ciudad Antigua

ENSAYE					
MUESTRA	1				
ESTACION	Banco Ciudad Antigua				
DESVIACION	(Material tomado del Corte)				
PROFUNDIDAD (cm)					
SONDEO					

GRANULOMETRIA

% QUE PASA TAMIZ 3"					
2"					
1 1/2"	100				
1"	97				
3/4"	94				
3/8"	78				
No.4	56				
No.10	47				
No.40 (a)	32				
No.200 (b)	24				
Relación de Finos: (b)/(a)	0.75				

LIMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido	31				
Índice de Plasticidad	9				
Contracción Líneal					

CLASIFICACION

Clasificación H.R.B.	A-2-4(0)				
Clasificación de Casagrande					
CBRa 90-95-100% de Compactación	22-29				

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol.Suelto (kg/m ³)	1534				
Peso Vol. Varillado (kg/m ³)	1863				

OBSERVACIONES:

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

TABLA 44. INFORME DE ENSAYES DE SUELOS
INFORME DE PRUEBAS DE C.B.R. SATURADO

PROYECTO: El Arrayán-Ciudad Antigua CAMINO:_____

ENSAYE No. _____ EFECTUADO POR: O.C.

MUESTRA No. 1 CÁLCULO: M.B.

COTEJO:_____

FUENTE DEL MATERIAL: Banco Ciudad Antigua
(Material tomado del Corte)

ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIAL

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	3/8	4	10	40	200
%QUE PASA	94	78	56	47	32	24

LIMITE LIQUIDO 31 INDICE DE PLASTICIDAD 9

CLASIFICACION H.R.B. A-2-4(0) EQUIVALENTE DE ARENA_

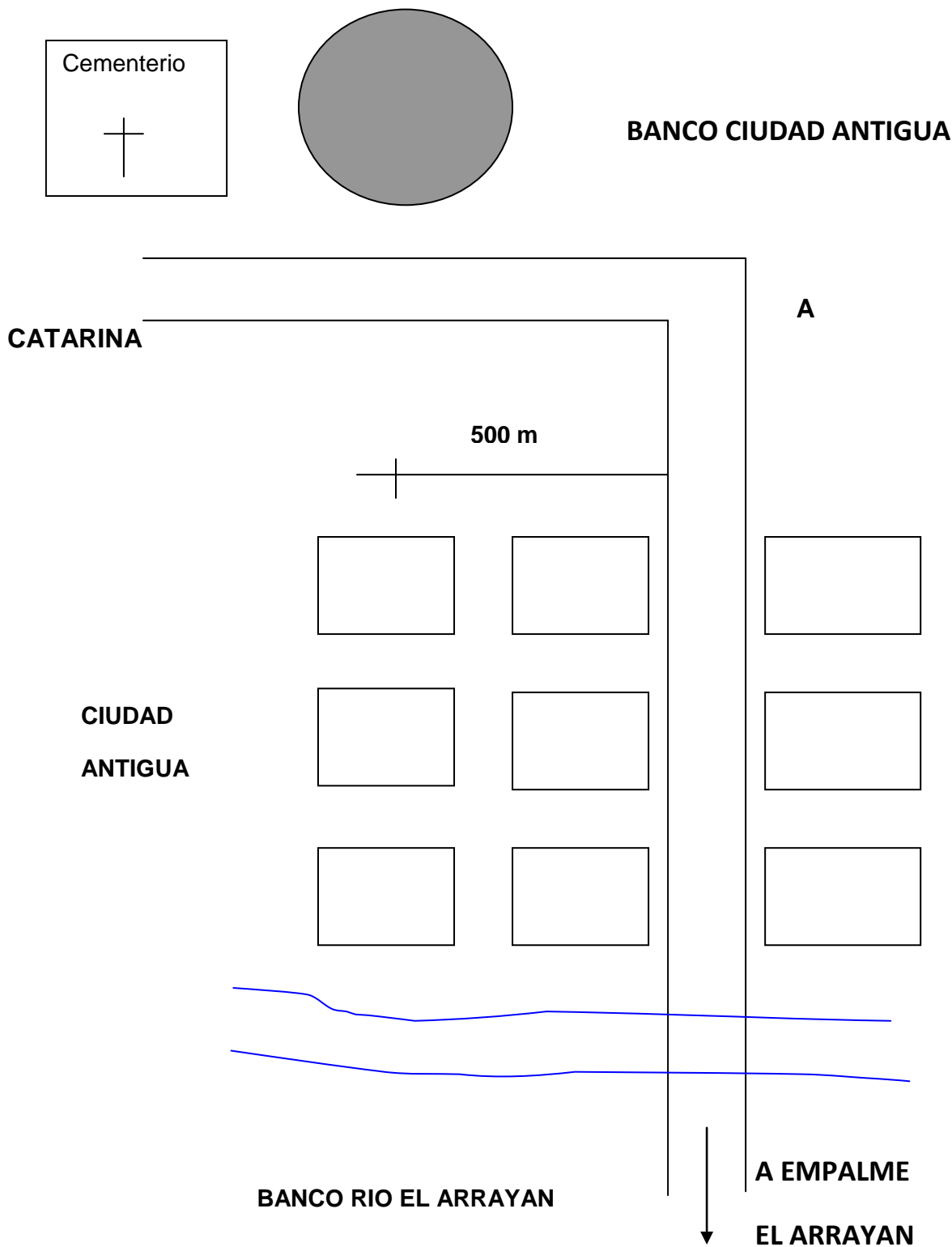
TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR MODIFICADO
PESO VOLUM. SECO MAXIMO	2230 kgs/m³
HUMEDAD OPTIMA	9.9%

PRUEBAS DE C.B.R. SATURADA

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO: DINAMICA			
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOLUM.SECO (kgs/m ³)	2007	2119	2230
C.B.R. SATURADO	15	22	29
HINCHAMIENTO (%)	0.30	0.22	0.20
TIEMPO DE SATURACION (horas)	96	96	96
OBSERVACIONES:			

Fuente: Empresa Frederic R. Harris, Inc.

Gráfico 3. Ubicación de banco de arena Ciudad Antigua



UBICACION DE FUENTES DE MATERIALES
PROYECTO: EL ARRAYAN-CIUDAD ANTIGUA
INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

**TABLA 45. RESUMEN DE PRUEBAS DE ARENAS
PARA CONCRETO**

Proyecto	El Arrayán-Ciudad Antigua					
Muestra No.	1					
Fecha de Prueba	Noviembre 2002					
Fuente del Material	Río El Arrayán					
Estación	Ciudad Antigua					
Proyecto	Muestra tomada del Acopio					
Tipo de agregado	Natural		Cribado por Malla 3/8			

GRANULOMETRIA

% QUE PASA TAMIZ 3/8"	93		100			
No.4	87		94			
No.8	70		75			
No.16	47		51			
No.30	26		28			
No.50	8		9			
No.100	2		2			
No.200	1		1			
Módulo de Finura	3.67		3.41			

PRUEBAS ADICIONALES

P.V.S.S., kgs/m ³	1595					
P.V.S.C. (kg/m ³)	1730					
Peso específico						
Absorción, %						
Mat.orgánica	1					
Mat.orgánica, lavada						
Equivalente de Arena						
Intemperismo Acelerado						
Resistencia Estructural						

OBSERVACIONES:

ANEXOS DEL CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

Tabla 46. Peso por Ejes de Vehículos Livianos y de carga.

Tipo de Vehículo	Partes	Peso por Eje (Ton)	Peso por Eje (Lbs)	Tipo de Eje
Automóvil	D	1	2200	Simple
	T	1	2200	Simple
Cmta	D	1	2200	Simple
	T	2	4400	Simple
Mini-bus	D	2	4400	Simple
	T	4	8800	Simple
Micro-Bus	D	4	8800	Simple
	T	8	17600	Simple
Bus	D	5	11000	Simple
	T	10	22000	Simple
Liv C2	D	4	8800	Simple
	T	8	17600	Simple
C2	D	5	11000	Simple
	T	10	22000	Simple
C3	D	5	11000	Simple
	T	16.5	36000	Tándem
TxSx ≤5	D	5	11000	Simple
	T	16	35200	Tándem
	T	16	35200	Tándem
Agrícola	D	5	11000	Simple
	T	16.5	36300	Tándem

Fuente: Departamento de Pesos y Dimensiones, Dirección General de Vialidad, MTI

Tabla 47. Factores equivalentes de carga.

Table D.1. Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Single Axles and p_t of 2.0

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	.009	.012	.011	.010	.009	.009
8	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	.075	.085	.090	.085	.079	.076
12	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO – 1993, Apéndice D.

Tabla 48. Factores equivalentes de carga.

Table D.2. Axle Load Equivalency Factors For Flexible Pavements, Tandem Axles and p_t of 2.0

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO – 1993, Apéndice D.

Tabla 49. Factores equivalentes de carga.

Table D.3. Axle Load Equivalency Factors for Flexible Pavements, Triple Axles and p_t of 2.0

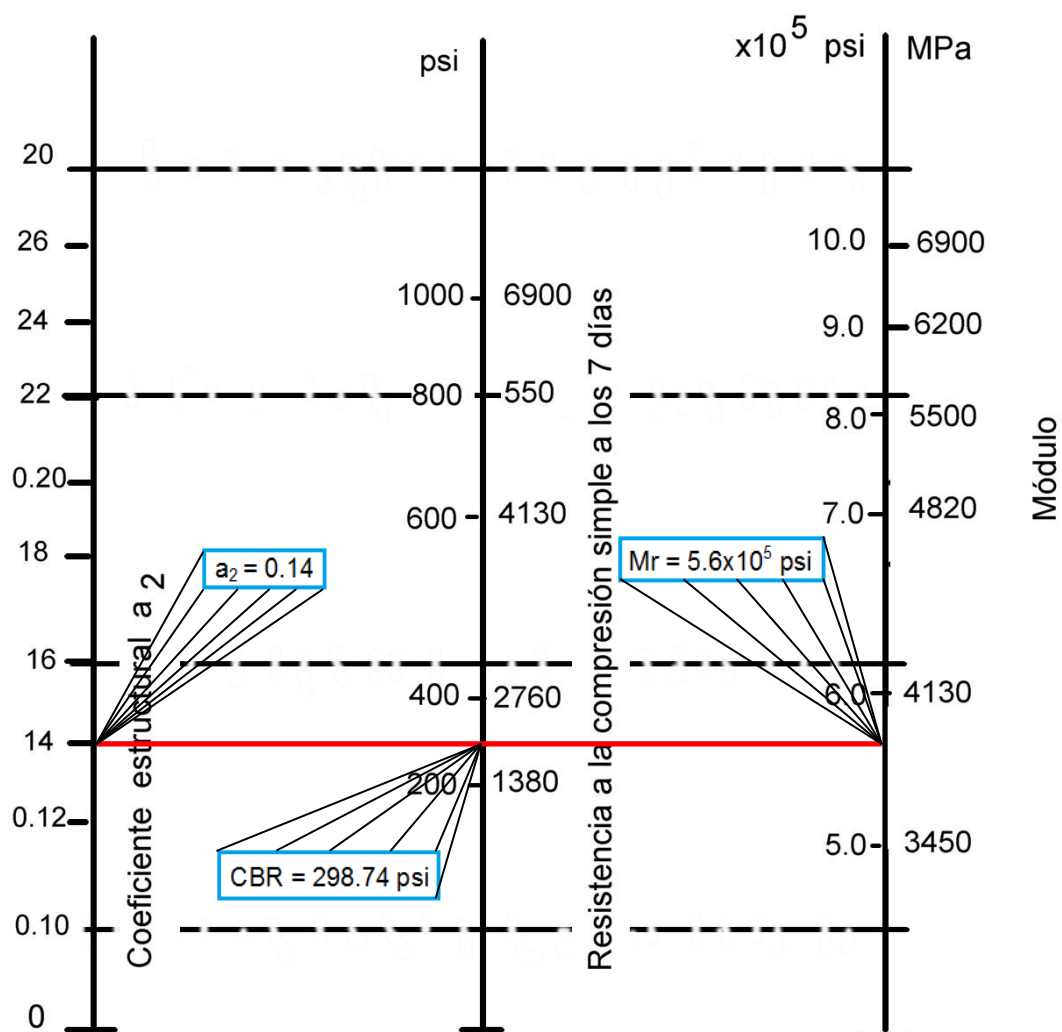
Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
6	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003
8	.0009	.0010	.0009	.0008	.0007	.0007
10	.002	.002	.002	.002	.002	.001
12	.004	.004	.004	.003	.003	.003
14	.006	.007	.007	.006	.006	.005
16	.010	.012	.012	.010	.009	.009
18	.016	.019	.019	.017	.015	.015
20	.024	.029	.029	.026	.024	.023
22	.034	.042	.042	.038	.035	.034
24	.049	.058	.060	.055	.051	.048
26	.068	.080	.083	.077	.071	.068
28	.093	.107	.113	.105	.098	.094
30	.125	.140	.149	.140	.131	.126
32	.164	.182	.194	.184	.173	.167
34	.213	.233	.248	.238	.225	.217
36	.273	.294	.313	.303	.288	.279
38	.346	.368	.390	.381	.364	.353
40	.434	.456	.481	.473	.454	.443
42	.538	.560	.587	.580	.561	.548
44	.662	.682	.710	.705	.686	.673
46	.807	.825	.852	.849	.831	.818
48	.976	.992	1.015	1.014	.999	.987
50	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	3.10	3.06	2.98	2.95	2.99	3.04
64	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
68	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
84	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
90	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO – 1993, Apéndice D.

ANEXOS DEL CAPÍTULO III

**DISEÑO DE PAVIMENTO POR EL MÉTODO DE LA
AASHTO 93.**

Gráfico 4. Nomograma para la determinación del Coeficiente estructural para la base tratada con cemento a_2



Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, ASSHTO – 1993

Tabla 50. Determinación del coeficiente de drenaje para pavimentos.

CAPACIDAD DEL DRENAJE PARA REMOVER LA HUMEDAD		
CALIDAD DE DRENAJE	AGUA REMOVIDA EN:	
	50% saturación	85% saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	de 10 a 15 horas
Malo	no drena	mayor a 15 horas

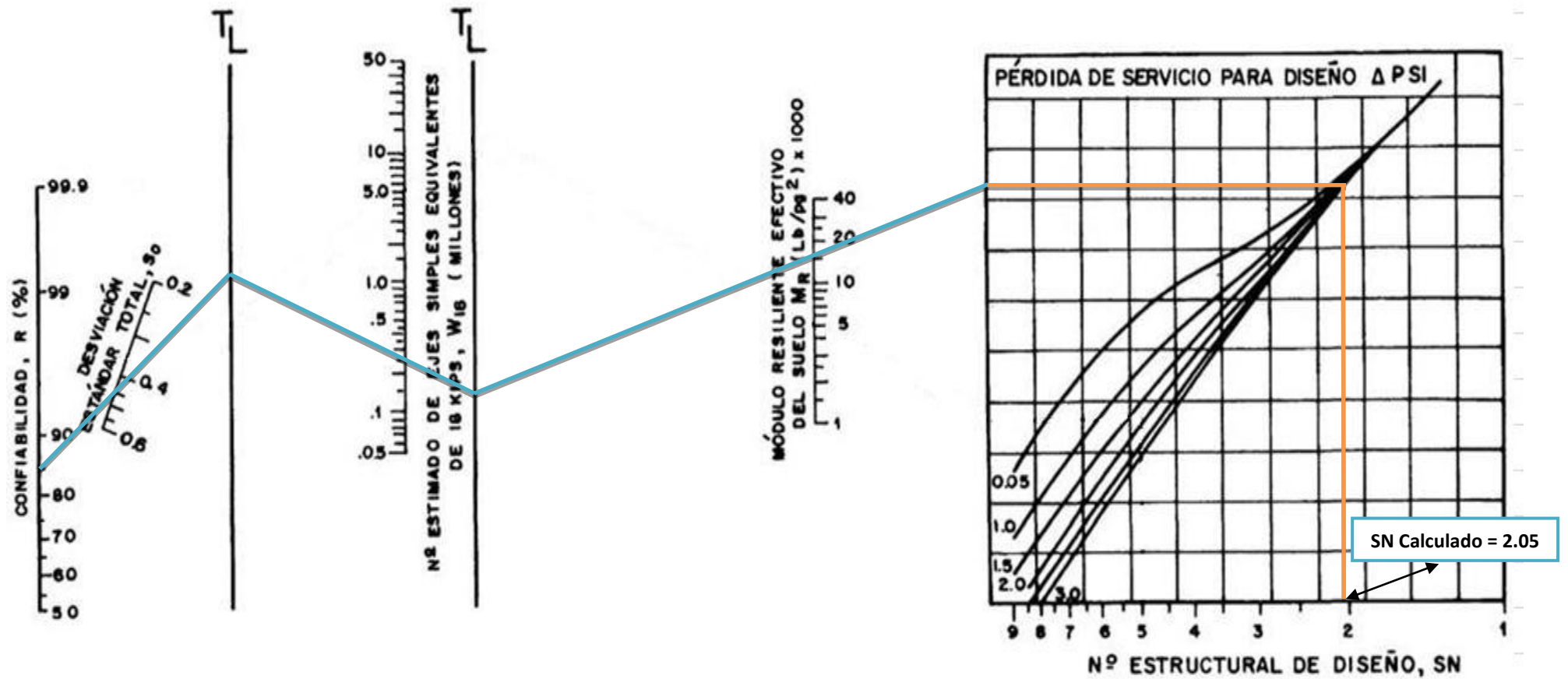
Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, ASSHTO – 1993, tabla 7.1, pág. 148.

Tabla 51. Determinación del coeficiente de drenaje para pavimentos.

CALIDAD DEL DRENAJE	P = % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.15 - 1.05	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	1.15 - 1.05	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, ASSHTO – 1993, tabla 7.2, pág. 148.

Gráfico 5. Nomograma para la determinación del Número estructural (SN).



ANEXOS DEL CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Mapa 3. Tipos de suelos



Mapa 4. Áreas protegidas

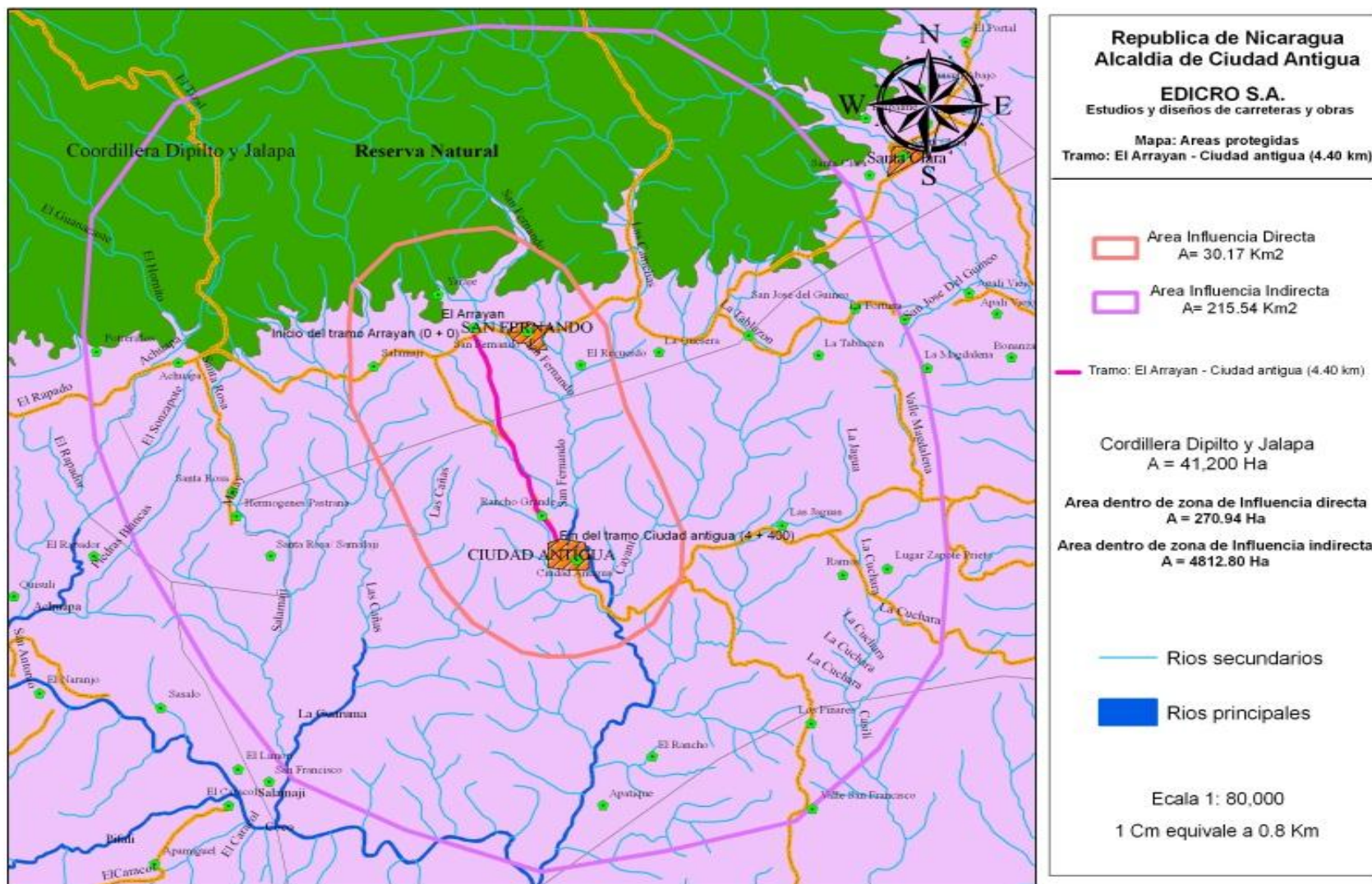


TABLA 52. TRÁNSITO INICIAL DEL PROYECTO

Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₅	Composición Vehicular (%)	% Vehicular
Motos	280	35.32	35.32
Vehículos Livianos			
Autos	228	28.80	55.13
Camionetas	209	26.32	
Pesado de Pasajeros			
Mini-bus	27	3.35	4.81
Micro Bus	9	1.10	
Bus	3	0.36	
Pesados de Carga			
Liv C2	18	2.32	4.75
C2	16	1.97	
C3	3	0.34	
TxSx ≤5	1	0	
Total	792	100	100

Fuente: Elaboración propia

Los datos reflejados en la tabla anterior se calcularon en el año 2015 ya están afectados con los factores de ajustes, este aforo vehicular se hizo con el objetivo de comparar los datos del volumen vehicular recientemente con los datos proyectados al año 2015 por la empresa consultora EDICRO la cual realizó el aforo vehicular en el año 2010.

**MATRIZ DE PONDERACION DE
IMPACTOS
NEGATIVOS_ARCHIVO
ADJUNTO EN EXCEL**